

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

## **Chladič pecní atmosféry**

Cooler of Furnace Atmosphere

Student:

Erich Beier

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Zdeněk Noga, CSc.

Ostrava 2013

## Zadání bakalářské práce

Student:	Erich Beier
Studijní program:	B2341 Strojírenství
Studijní obor:	2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace:	21 Konstrukce výrobních strojů a zařízení
Téma:	Chladič pecní atmosféry Cooler of Furnace Atmosphere

### Zásady pro vypracování:

Navrhněte vodou chlazený chladič pecní atmosféry. Pecní atmosféru tvoří Ar jehož průtok činí 35 litrů normálních za minutu. Vstup Ar do chladiče přizpůsobte fitince jeho výstupu z pece se závitem M12. Teplotu Ar na výstupu z pece předpokládejte na úrovni cca 300 stupňů C.

### Proveďte :

1. Technickou zprávu s popisem funkce navrženého zařízení a nezbytnými výpočty ve členění – seznam požadavků, funkční struktura, morfologická matice, orgánová a hrubá stavební struktura.

2. 3D model konstrukčního návrhu zařízení.

3. Výrobní výkresovou dokumentaci chladiče

Rozsah výtahu z rešerše z Bakalářského projektu v textové části práce cca 5str., rozsah výkresové části min. 1A0

### Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory.*

Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura.*

Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

HUBKA, V. *Konstrukční nauka.*

Zürich: Heurista, 1995. 105s. ISBN 80-90 1135-0-8

*Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce.*

FS\_SME\_05\_003 verze: G

LITERÁRNÍ REŠERŠE – zpracovaná v rámci Bakalářského projektu

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zdeněk Noga, CSc.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



---

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry




---

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě      20. 5. 2013

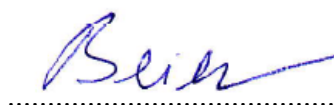


.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 20. 5. 2013



.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Erich Beier

Adresa trvalého pobytu autora práce:

742 66, Štramberk, Závašická 773

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

BEIER, Erich. *Chladič pecní atmosféry*: Ostrava, 2013. Bakalářská práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava. 50 stran Vedoucí práce: Ing. Noga Zdeněk, CSc.

Bakalářská práce se zabývá návrhem chladiče pecní atmosféry. V rešeršní části je nastíněna problematika sdílení tepla a možné konstrukce. Po specifikování požadavku na zařízení, zpracování funkční struktury a vypracování morfologické matice byly vybrány 2 koncepty, z nichž 1 byl rozpracován do čisté stavební struktury.

Klíčová slova: Výměník tepla, svazkový výměník, Argon

## **ANNOTATION OF BACHELOR THESIS**

BEIER, Erich. *Cooler of Furnace Atmosphere*, Ostrava, 2013. Bachelor Thesis. VŠB - Technical University of Ostrava. 50 pages Thesis head: Ing. Noga Zdeněk, CSc.

This Bachelor thesis details proposal of Cooler of Furnace Atmosphere. In the search section outlines the topic of heat and possible construction. After specification of requirements for establishments processing functions and the development of morphological matrix were selected two concepts of which one has been developed to clean building structures.

Keywords: Heat exchanger, Heat Bond, Argon

# Obsah

<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK .....</b>	<b>9</b>
<b>1 ÚVOD.....</b>	<b>11</b>
<b>2 LITERÁRNÍ REŠERŠE.....</b>	<b>12</b>
2.1 TEPLO .....	12
<i>Přestup a prostup tepla.....</i>	<i>12</i>
<i>Mechanismy sdílení tepla.....</i>	<i>12</i>
2.2 VÝMĚNÍK TEPLA .....	13
<i>Rekuperační výměník tepla .....</i>	<i>13</i>
<i>Regenerační výměník tepla .....</i>	<i>13</i>
<i>Směšovací výměníky tepla.....</i>	<i>13</i>
2.3 TRUBKOVÉ VÝMĚNÍKY TEPLA .....	13
<i>Trubka v trubce.....</i>	<i>13</i>
<i>Svazkový výměník.....</i>	<i>14</i>
2.4 DESKOVÝ VÝMĚNÍK TEPLA .....	15
2.5 SPIRÁLOVÝ VÝMĚNÍK TEPLA .....	16
<b>3 SEZNAM POŽADAVKŮ.....</b>	<b>17</b>
3.1 POŽADAVKY .....	17
3.2 POŽADAVKOVÝ LIST .....	17
3.3 SEZNAM FUNKCÍ .....	18
3.4 TRANSFORMAČNÍ PROCES .....	19
3.5 MODEL TRANSFORMAČNÍHO PROCESU .....	19
<b>4 FUNKČNÍ STRUKTURA.....</b>	<b>20</b>
4.1 BLOKOVÉ SCHÉMA.....	20
4.2 HIERARCHICKÝ FUNKČNÍ STROM .....	21
<b>5 ORGÁNOVÁ STRUKTURA.....</b>	<b>22</b>
5.1 VYBRANÉ VARIANTY .....	23
5.2 ZHODNOCENÍ VYBRANÝCH METOD .....	24
<b>6 HRUBÁ STAVEBNÍ STRUKTURA .....</b>	<b>25</b>
<i>Schématické znázornění řešení metody A .....</i>	<i>25</i>
<i>Schématické znázornění řešení B.....</i>	<i>26</i>

<b>7</b>	<b>VÝPOČET CHLADIČE .....</b>	<b>27</b>
7.1	ZADANÉ A ZVOLENÉ VELIČINY .....	27
7.2	URČENÍ TERMODYNAMICKÝCH VELIČIN.....	27
7.3	VÝPOČET CHLADÍČÍHO VÝKONU, HMOTNOSTNÍCH TOKŮ A RYCHLOSTÍ.....	28
7.4	VÝPOČET SOUČINITELE PŘESTUPU TEPLA PRO VODU.....	30
7.5	VÝPOČET SOUČINITELE PŘESTUPU TEPLA PRO PECNÍ ATMOSFÉRU.....	32
7.6	VÝPOČET STŘEDNÍCH TEPLŮ VE VÝMĚNÍKU.....	35
7.7	VÝPOČET SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA .....	36
7.8	VÝPOČET DÉLKY CHLADIČE .....	36
7.9	ITERAČNÍ VÝPOČTY .....	37
<b>8</b>	<b>VÝPOČET TLAKOVÝCH ZTRÁT .....</b>	<b>38</b>
8.1	VÝPOČET RYCHLOSTI ARGONU VE VÝMĚNÍKU .....	38
8.2	VÝPOČET ZTRÁT TŘENÍM V POTRUBÍ.....	39
8.3	VÝPOČET MÍSTNÍCH ZTRÁT [IX] .....	40
8.4	CELKOVÁ TLAKOVÁ ZTRÁTA [IX].....	40
<b>9</b>	<b>ÚPLNÁ STAVEBNÍ STRUKTÚRA .....</b>	<b>41</b>
9.1	POPIS JEDNOTLIVÝCH KOMPONENTŮ .....	41
9.2	TECHNICKÁ SPECIFIKACE .....	45
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>46</b>
	<b>SEZNAM LITERATURY .....</b>	<b>47</b>
	<i>Knihy a časopisy .....</i>	<i>47</i>
	<i>Internetové zdroje .....</i>	<i>47</i>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>48</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>49</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>49</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH – VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE.....</b>	<b>50</b>
	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>51</b>



## SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK

Symbol	Význam	Jednotka
$L$	Délka výměníku	$[m]$
$M_{Ar}$	Množství argonu	$[kg.s^{-1}]$
$M_v$	Potřebné množství vody pro ochlazení	$[kg.s^{-1}]$
$Nu$	Počet trubic chladiče	$[ks]$
$Nu_{Ar}$	Nuseltovo kritérium pro argon	$[-]$
$Nu_v$	Nuseltovo kritérium pro vodu	$[-]$
$P_r$	Prandtlovo číslo	$[-]$
$\dot{Q}$	Chladicí výkon chladiče	$[W]$
$Re_{Ar}$	Reynoldsovo kritérium pro argon	$[-]$
$Re_v$	Reynoldsovo kritérium pro vodu	$[-]$
$S$	Potřebná teplosměnná plocha	$[m^2]$
$V_{Ar}$	Množství plynu	$[l/min]$
$V_{s-Ar}$	Množství plynu za reálných podmínek	$[m^3.s^{-1}]$
$V_v$	Objemový tok vody	$[m^3.s^{-1}]$
$c_{p-Ar}$	Tepelná kapacita argonu	$[kJ/kgK]$
$c_{p-v}$	Tepelná kapacita vody	$[kJ/kgK]$
$c_{p-Cu}$	Tepelná kapacita mědi	$[kJ/kgK]$
$d_{Ar}$	Ekvivalentní průměr pro argon	$[m]$
$d_v$	Ekvivalentní průměr pro vodu	$[m]$
$d_1$	Vnitřní průměr trubky	$[m]$
$d_2$	Vnější průměr trubky	$[m]$
$k$	Součinitel přestupu tepla	$[kW/m^2K]$
$k_1$	Výpočet prostupu tepla	$[W.m^{-1}.K^{-1}]$
$t$	Tloušťka stěny	$[m]$
$t_{Ar-1}$	Vstupní teplota argonu	$[^{\circ}C]$
$t_{Ar-2}$	Výstupní teplota argonu	$[^{\circ}C]$
$t_{v-1}$	Vstupní teplota vody	$[^{\circ}C]$
$t_{v-2}$	Výstupní teplota vody	$[^{\circ}C]$
$t_{stř-Ar}$	Střední teplota argonu	$[^{\circ}C]$
$t_{stř-v}$	Střední teplota vody	$[^{\circ}C]$
$w_{Ar}$	Rychlost proudění argonu	$[m.s^{-1}]$
$w_v$	Rychlost proudění vody	$[m.s^{-1}]$
$\alpha_{Ar}$	Výsledný teplotní součinitel na straně argonu	$[W.m^{-2}.K^{-1}]$
$\alpha_v$	Výsledný teplotní součinitel na straně vody	$[W.m^{-2}.K^{-1}]$
$\overline{\Delta t}$	Střední logaritmický teplotní spád	$[^{\circ}C]$
$\Delta t_1$	Rozdíl maximálních teplot	$[^{\circ}C]$
$\Delta t_2$	Rozdíl minimálních teplot	$[^{\circ}C]$

$\Delta p$	Celkové tlakové ztráty	[ Pa ]
$\Delta p_{Z,m}$	Tlaková ztráta třením	[ Pa ]
$\Delta p_{z-tř}$	Místní tlaková ztráta	[ Pa ]
$\lambda$	Součinitel tření u tlakových ztrát	[ – ]
$\lambda_{Ar}$	Součinitel tepelné vodivosti argonu	[W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]
$\lambda_{Cu}$	Součinitel tepelné vodivosti mědi	[W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]
$\lambda_v$	Součinitel tepelné vodivosti vody	[W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]
$\rho_{Ar}$	Měrná hustota argonu	[Kg.m <sup>-3</sup> ]
$\rho_v$	Měrná hustota vody	[Kg.m <sup>-3</sup> ]
$\eta_{Ar}$	Dynamická viskozita argonu	[Pa.s <sup>-1</sup> ]
$\eta_v$	Dynamická viskozita vody	[Pa.s <sup>-1</sup> ]
$\nu_{Ar}$	Kinematická viskozita argonu	[ m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> ]
$\nu_v$	Kinematická viskozita vody	[Pa.s <sup>-1</sup> ]

# 1 ÚVOD

V současné době se chladicí zařízení používají na velkou škálu zařízení, od velkých průmyslových chladičů po malé chladiče v modelářských modelech.

Mým úkolem je navrhnout pro potřeby Fakulty strojní na VŠB-TU Ostrava zařízení na zpracování pecní atmosféry pro již fungující pec.

Budu se zabývat zpracováním pecní atmosféry ve výměníku tepla. Podmínkou pro vypracování je zadaný průtok, který činí 35 litrů za minutu a vstupní teplota 300°C. Dále bylo stanoveno chlazení vodou, která nesmí přesáhnout teplotu 40°C na výstupu.

Cílem mé práce je analyzovat problém, navrhnout různá řešení chladiče a nejvhodnější variantu zpracovat do úplné stavební struktury s vytvořením výkresové dokumentace.

V práci byla důsledně uplatněna metodika dle [I].

## 2 LITERÁRNÍ REŠERŠE

### 2.1 Teplo

Teplo je část vnitřní energie, která samovolně přechází z místa s vyšší teplotou do místa s nižší teplotou. Přesnější (avšak nezavedené) označení pro teplo by byl například pojem tepelná energie. Teplo je tedy pojem popisující proces, který způsobuje změnu stavu systému, na rozdíl od teploty, která popisuje stav systému. Za určitých podmínek je teplo rovno entalpii systému. Pro entalpii stejně jako pro vnitřní energii platí, že nelze určit její absolutní hodnotu  $H$ , ale lze určit velikost její změny  $\Delta H$ . [1]

#### Přestup a prostup tepla

*Přestup tepla* je sdílení tepla z jádra proudící tekutiny na fázové rozhraní (např. stěna zařízení) nebo z jádra proudící tekutiny na fázové rozhraní. Teplo se zde sdílí převážně prouděním. Intenzitu sdílení tepla v daném systému vyjadřujeme pomocí součinitele přestupu tepla. [1]

*Prostup tepla* je sdílení tepla z jádra teplejší proudící tekutiny do jádra chladnější proudící tekutiny přes fázové rozhraní nebo přes pevnou přepážku. Prostup tepla se obecně skládá ze tří dílčích dějů: z přestupu tepla z jádra teplejší tekutiny na stěnu (fáz. rozhraní), vedení skrze stěnu, a přestupu tepla ze stěny do jádra chladnější tekutiny. Intenzitu sdílení tepla v daném systému vyjadřujeme pomocí součinitele prostupu tepla. [1]

#### Mechanismy sdílení tepla

Základními mechanismy sdílení tepla jsou vedení (kondukce), proudění (konvekce) a sálání (radiace). [1]

*Vedením tepla* rozumíme přenos tepla v nehybném prostředí prostřednictvím vibrací základních částic hmoty (atomů, molekul). Klasický pokus na prokázání sdílení tepla vedením je ohřev kovové tyče na jednom konci, kdy teplota postupně vzrůstá nejen v místě ohřevu, ale postupně i ve vzdálenějších částech. [1]

O *sdílení tepla prouděním* hovoříme v tekutém prostředí, kde dochází k pohybu větších celků tekutiny buďto samovolně díky rozdílu hustot (s rostoucí teplotou obvykle hustota tekutiny klesá, ohřátá tekutina tak stoupá vzhůru a na její místo přichází chladnější tekutina) – tzv. volná konvekce, anebo je proudění vynuceno působením vnější síly, např. zařazením čerpadla (nucená konvekce). [1]

Ke sdílení tepla sáláním může docházet mezi dvěma tělesy o různé teplotě, jestliže teplejší těleso vyzařuje paprsky v infračervené oblasti spektra (a tím se ochlazuje), zatímco chladnější těleso toto záření pohlcuje (a tím se zahřívá). Jedná se tedy o sdílení tepla mezi dvěma systémy (tělesy), které nejsou v přímém kontaktu, musí však mezi nimi být prostředí propustné pro elektromagnetické záření (např. vakuum). [1]

## **2.2 Výměník tepla**

Výměníky tepla jsou zařízení určená k ohřevu či chlazení tekutin. [1]

### **Rekuperační výměník tepla**

Teplo se sdílí mezi dvěma proudícími tekutinami, které jsou odděleny pevnou přepážkou, aby nedošlo ke smísení tekutin (pokud jsou tyto dvě tekutiny nemísitelné, např. systém kapalina – plyn, lze přepážku vynechat). Tento typ výměníku je v technické praxi nejčastější a zde uvedené příklady výměníků tepla spadají právě do této kategorie. [1]

### **Regenerační výměník tepla**

Teplo se sdílí nepřímo – tělesem výměníku (vyplněným látkou s vysokou tepelnou kapacitou, např. cihly) se vede nejprve např. horký plyn, teplo se akumuluje ve výplni a stěnách výměníku, pak se vede dovnitř chladná tekutina, která část naakumulovaného tepla odebere a tím se ohřeje. [1]

### **Směšovací výměníky tepla**

Teplejší a chladnější tekutina jsou v přímém kontaktu, takto lze např. ohřát vodu přímým vstřikováním vodní páry nebo chladit vodu přidáním ledové tříště. [1]

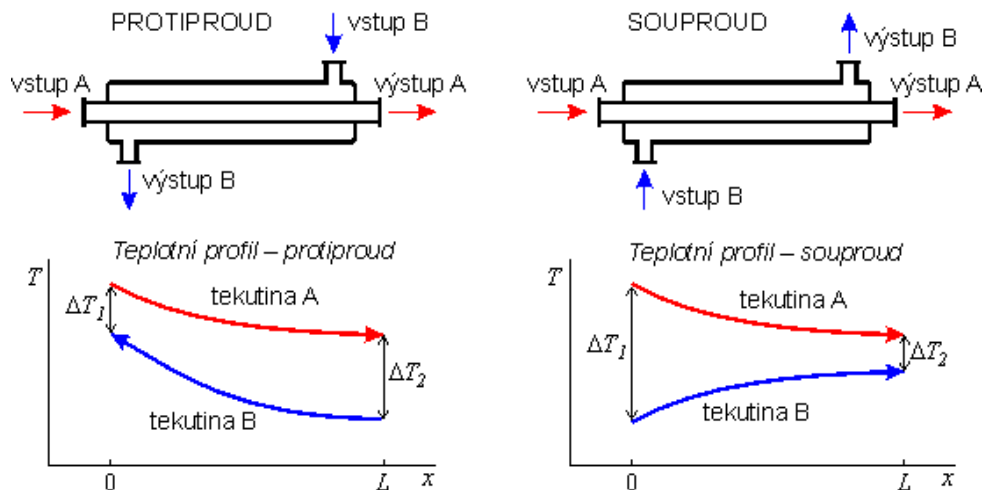
## **2.3 Trubkové výměníky tepla**

Mezi trubkové výměníky řadíme výměník trubka v trubce, svazkový výměník, nebo trubkový had. [2]

### **Trubka v trubce**

Konstrukčně nejjednodušší typ výměníku se skládá z vnitřní trubky a pláště. Jedna tekutina proudí vnitřní trubkou, druhá mezi trubkovým prostorem v plášti, teplo se sdílí skrze stěnu vnitřní trubky. Tento výměník může být provozován jako souprůdý nebo protiproudý. [2]

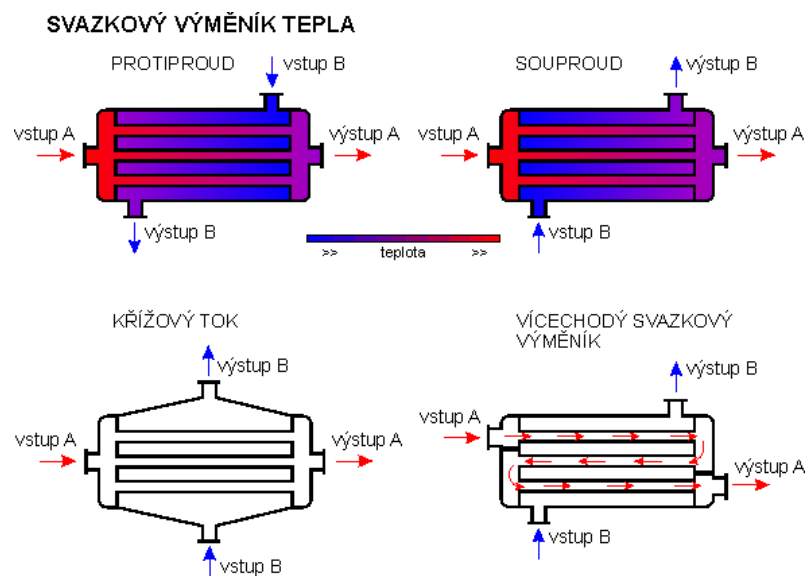
## VÝMĚNÍK TEPLA TRUBKA V TRUBCE – SOUPROUD A PROTIPROUD



Obrázek 1 - Výměník tepla trubka v trubce [2]

## Svazkový výměník

Je-li v plášti umístěno více trubek, hovoříme o svazkovém výměníku tepla. Jedna tekutina je vedena v trubkách, druhá protéká mezi-trubkovým prostorem. Tento výměník také může být provozován jako souproudý nebo protiproudý, umožňuje však i složitější uspořádání, například křížový tok nebo smíšené uspořádání proudů u vícechodých výměníků. [2]



Obrázek 2 - Svazkový výměník tepla [2]



*Obrázek 3 - Příklad svazkového výměníku [2]*

### **Trubkový had**

Obvykle spirálová trubice, jíž proudí chladicí (nebo ohřívací) médium, používá se často i v laboratorním měřítku např. v termostatech či zpětných chladičích. V průmyslovém měřítku se používá hlavně k zabudování do aparatur (např. reaktoru). [2]



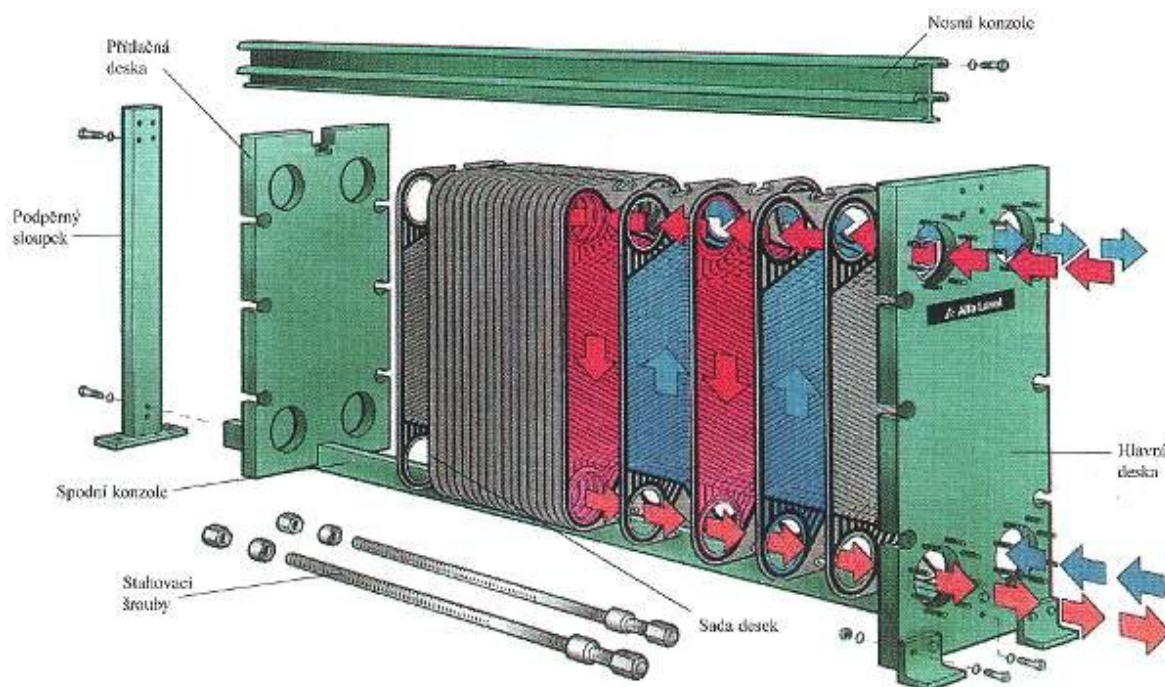
*Obrázek 4 - Nerezový trubkový had [2]*

## **2.4 Deskový výměník tepla**

Deskové výměníky tepla jsou konstruovány tak, že toky obou tekutin se střídavě rozdělí do poměrně tenkých vrstev mezi desky tak, že vrstva teplejší tekutiny je obklopena vrstvami chladnější tekutiny a naopak. Desky bývají opatřeny prolisy, aby v proudící tekutině docházelo k intenzivnějším turbulencím, a tím k intenzivnějšímu prostupu tepla. Vyšší turbulence také snižuje usazování nečistot na deskách. Výměníky se navrhují buďto jako rozebíratelné (mezi desky je vloženo těsnění) nebo nerozebíratelné (desky jsou k sobě napevno svařeny nebo připájeny, takový výměník však nelze rozebrat, např. kvůli čištění). Výhodou deskových výměníků je velká teplosměnná plocha (vzhledem k celkovému objemu zařízení), nevýhodou složitější konstrukce (a případné problémy s usazeninami). [3]



Obrázek 5 - Příklady deskového výměníku [3]



Obrázek 6 - Deskový výměník tepla [5]

## 2.5 Spirálový výměník tepla

Prostorově úsporný tep výměníku tepla [4]



Obrázek 7 - Spirálový výměník tepla [4]



### 3 SEZNAM POŽADAVKŮ

#### 3.1 Požadavky

##### Vstupní strana:

- rychlá obsluha,
- snadná montáž,
- dobrá těsnost připojovacích zařízení,
- vstup argonu pomocí M12,
- vstup chladicího média pomocí rychlospojky,
- hermetizace.

##### Výstupní strana:

- rychlá obsluha,
- snadná montáž/demontáž,
- dobrá těsnost připojovacích zařízení,
- výstup argonu pomocí hadice s rychlospojkou do vodní plochy,
- výstup chladicí vody pomocí rychlospojky,
- hermetizace.

#### 3.2 Požadavkový list

Specifikace požadavků	Podmínka	Přání
<b>Chladicí proces</b>		
Vstup ovlivněn M12	x	
Chlazení pomocí vody	x	
Chlazení ve výšce na nakloněné rovině		x
Zabránění oxidace chladicí jednotky		x
Snadný přístup pro obsluhu		x
<b>Chladicí podmínky</b>		
Při vstupu teplota nesmí přesáhnout 300°C	x	
Maximální chladicí množství	x	
Při výstoku nesmí voda přesáhnout 40°C	x	
2 vstupy - 2 výstupy	x	
<b>Vstupní strana</b>		
Co nejrychlejší zapnutí – vypnutí		x
Rychlá obsluha, dobrá těsnost	x	
Rychlospojky pro chlazení vodou		x
M12 pro přívod argonu	x	

<b>Provoz</b>		
Odolnost vůči prašnosti	x	
Četnost používání – velká	x	
Živostnost - co nejvyšší	x	
Malá spotřeba energie	x	
co nejvyšší účinnost	x	
Údržba – minimální	x	
Údržba – žádná		x
<b>Vzhled</b>		
Uspokojivý tvar	x	
Minimální rozměry		x
<b>Výstupní strana chladiče</b>		
Výstup argonu pomocí rychlospojky a hadice	x	
Výstup vody pomocí rychlospojky a hadice		x
Snadná demontáž		x
Dobrá těsnost	x	
Zabránění úniku argonu do chladicího prostoru	x	
<b>Ergonomie</b>		
Jednoduchost		x
Snadná ovladatelnost		x

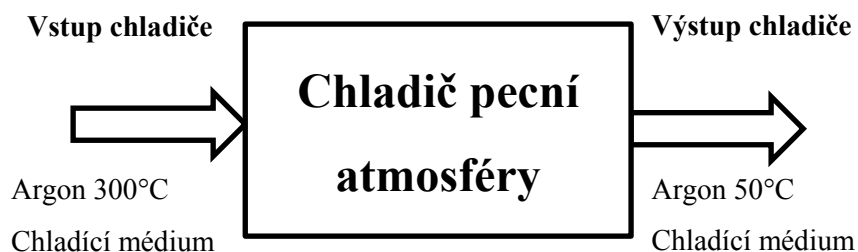
Tabulka 1 – Požadavkový list [1]

### 3.3 Seznam funkcí

- Chladit,
- zajistit těsnost chladiče,
- zajistit přívod chladicí kapaliny,
- zajistit odvod chladicí kapaliny,
- zajistit přívod argonu pomocí M12,
- zajistit odvod argonu do vodní lázně,
- snadná montáž,
- začlenit chladič do předem připravené pece,
- co nejmenší spotřeba chladicí kapaliny při chladícím procesu.

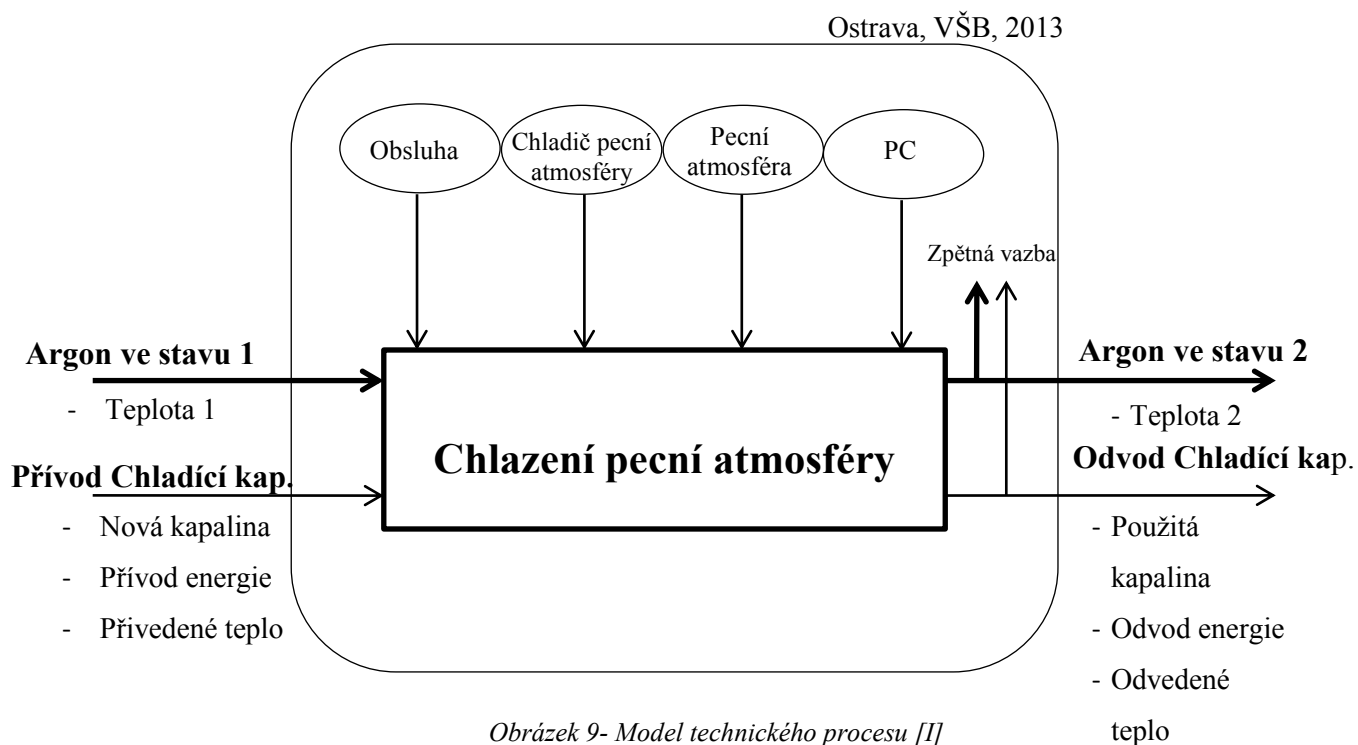
### 3.4 Transformační proces

Na obrázku je schéma černé skříňky, která znázorňuje počáteční a koncový stav procesu transformace [I].



Obrázek 8 – Černá skříňka [I]

### 3.5 Model transformačního procesu

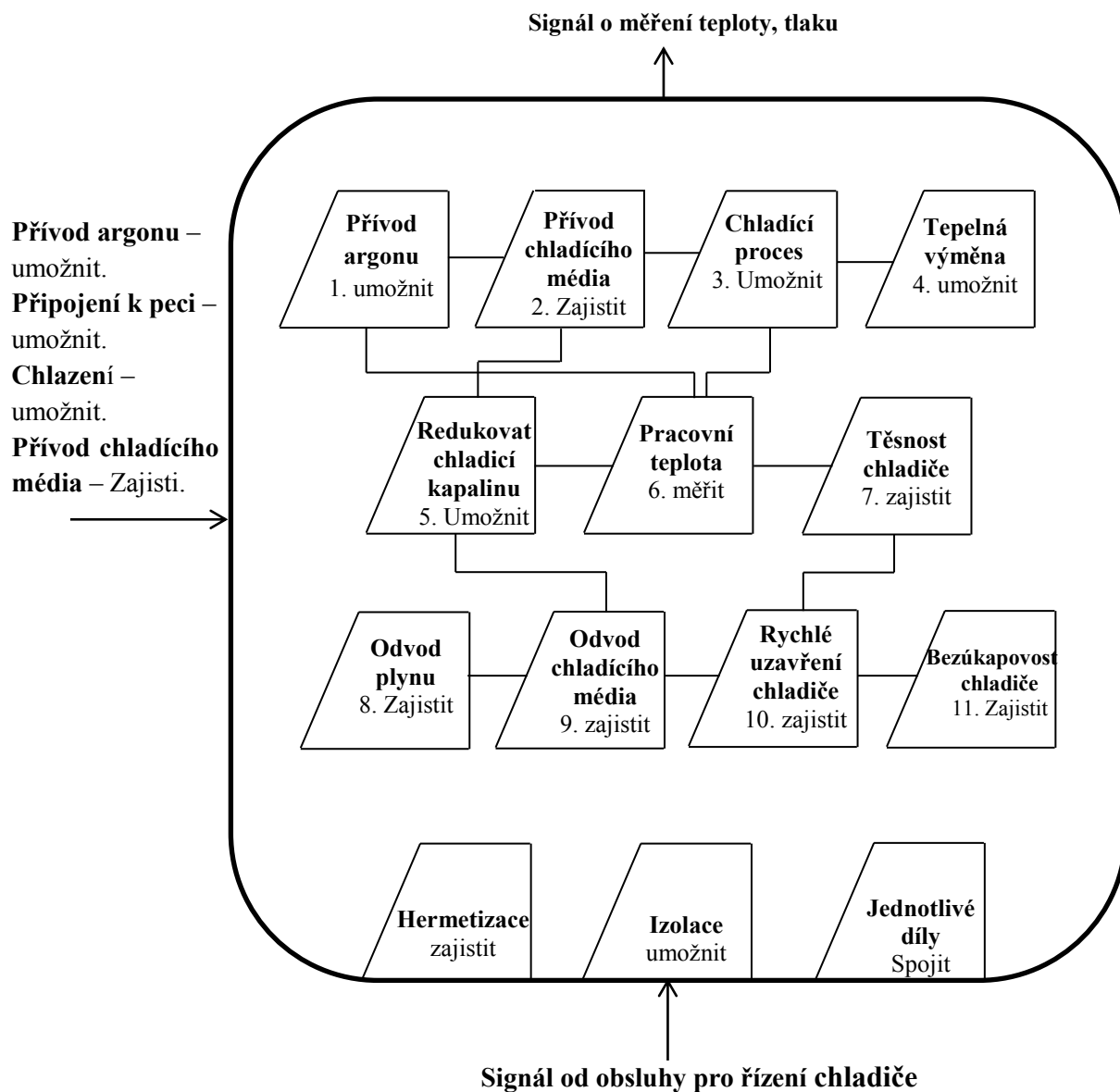


Obrázek 9- Model technického procesu [I]

## 4 FUNKČNÍ STRUKTURA

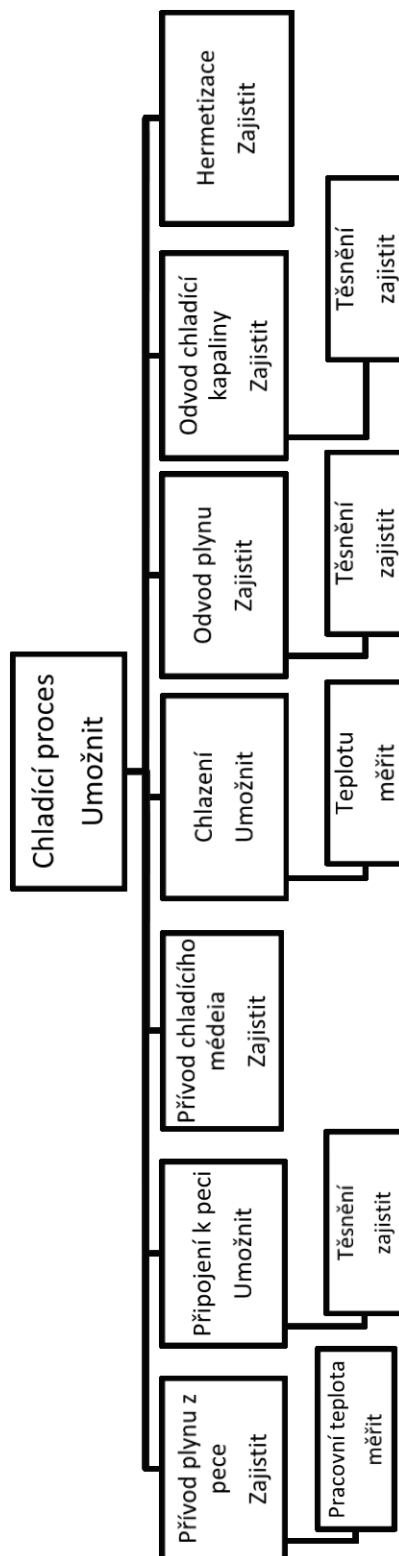
Funkční struktura vyjadřuje optimální soustavu funkcí technického systému. Zobrazuje technický systém pomocí účelových funkcí. [I]

### 4.1 Blokové schéma



Obrázek 10 – Blokové schéma [I]

## 4.2 Hierarchický funkční strom



Obrázek 11 - Funkční struktura - Hierarchický funkční strom [I]


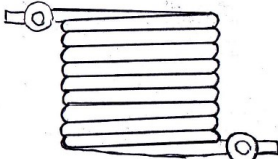
## 5 ORGÁNOVÁ STRUKTURA

Orgánová struktura přiřazuje jednotlivé funkční orgány – nositele funkcí, z nichž vybereme nejvhodnější varianty způsobu zajištění funkce [I]

Dílčí funkce		Orgány nositelé funkcí		
		1	2	3
1	Přívod argonu z pece zajistit	Matice M12		
2	Kontrolu teploty měřit	Teploměr	Teplotní čidlo	
3	Tvar chlazení zajistit	Malé trubice	Trubka v trubce	
4	Hermetizace rozebíratelného výměníku zajistit	Pryžové těsnění	Těsnící šňůrky	Silikon
5	Hermetizaci připojení výměníku umožnit	Těsnění	Svar	Silikon
6	Přívod chladicí vody umožnit	Rychlospojka		Trubková koncovka
7	Odvod chladicí vody zajistit	Rychlospojka	Sroubení	Trubková koncovka
8	Odvod argonu do chladicí lázně zajistit	Rychlospojka	Šroubení	Trubková koncovka
9	Konstrukce výměníku	Rozebíratelná	Rozebíratelná	
10	Materiál chladiče zajistit	Hliník	Měď	Mosaz
11	Chlazený materiál zajistit	Argon		
12	Utěsnění chladicí jednotky zajistit	Silikonovým těsněním	PTFE těsnění	Těsnící pastou
13	Materiál chladiče zajistit	Nerezová ocel	Plast	
14	Materiál pro odvod vody zajistit	gumová hadice		
15	Ukotvení chladicího zař.	Kotvící plechy	Svarovým spojem	
16	Přívod vody zajistit	Čerpadlo	Vodovod	
17	Seřízení průtoku vody	Ventil	Kohoutek	Regulační klapka

Tabulka 2 – Morfologická matice [I]

## 5.1 Vybrané varianty

		
	Řešení A	Řešení B
1	Matice M12	Matice M12
2	Teplotní čidlo	Teploměr
3	Malé trubice	„Trubka v trubce“
4	Pryžové těsnění	Těsnící šňůrky
5	Těsnění	Svar
6	Rychlospojka	Šroubení
7	Rychlospojka	Trubková koncovka
8	Rychlospojka	Šroubení
9	Rozebíratelná	nerozebíratelná
10	Měď	Mosaz
11	Argon	Argon
12	Silikonovým těsněním	PTFE těsnění
13	Nerezová ocel	Plast
14	Gumová hadice	Trubka
15	Kotvící plechy	Svarovým spoj.
16	Čerpadlo	Vodovod
17	Kohoutek	Škrticí klapka

Tabulka 3 – Vybrané konstrukční řešení [1]

## 5.2 Zhodnocení vybraných metod

Č.	funkce	Ř.A	Ř.B
1	Přívod argonu z pece zajistit	1	1
2	Kontrolu teploty měřit	2	2
3	Tvar chlazení zajistit	2	4
4	Hermetizace rozebíratelného výměníku zajisti	1	3
5	Hermetizaci připojení výměníku umožnit	2	3
6	Přívod chladicí vody umožnit	1	2
7	Odvod chladicí vody zajistit	1	2
8	odvod argonu do chladicí lázně zajistit	1	2
9	Konstrukce výměníku	2	3
10	Materiál chladiče zajistit	2	3
11	Chlazený materiál zajistit	1	1
12	Utěsnění chladicí jednotky zajistit	2	3
13	Materiál chladiče zajistit	3	1
14	Materiál pro odvod vody zajistit	2	2
15	Ukotvení chladicího zař.	2	2
16	Přívod vody zajistit	3	4
17	Seřízení průtoku vody	1	2
Celkový počet bodů		29	41
Celkové pořadí		1	2

Tabulka 4 - Hodnocení vybraných možností [1]

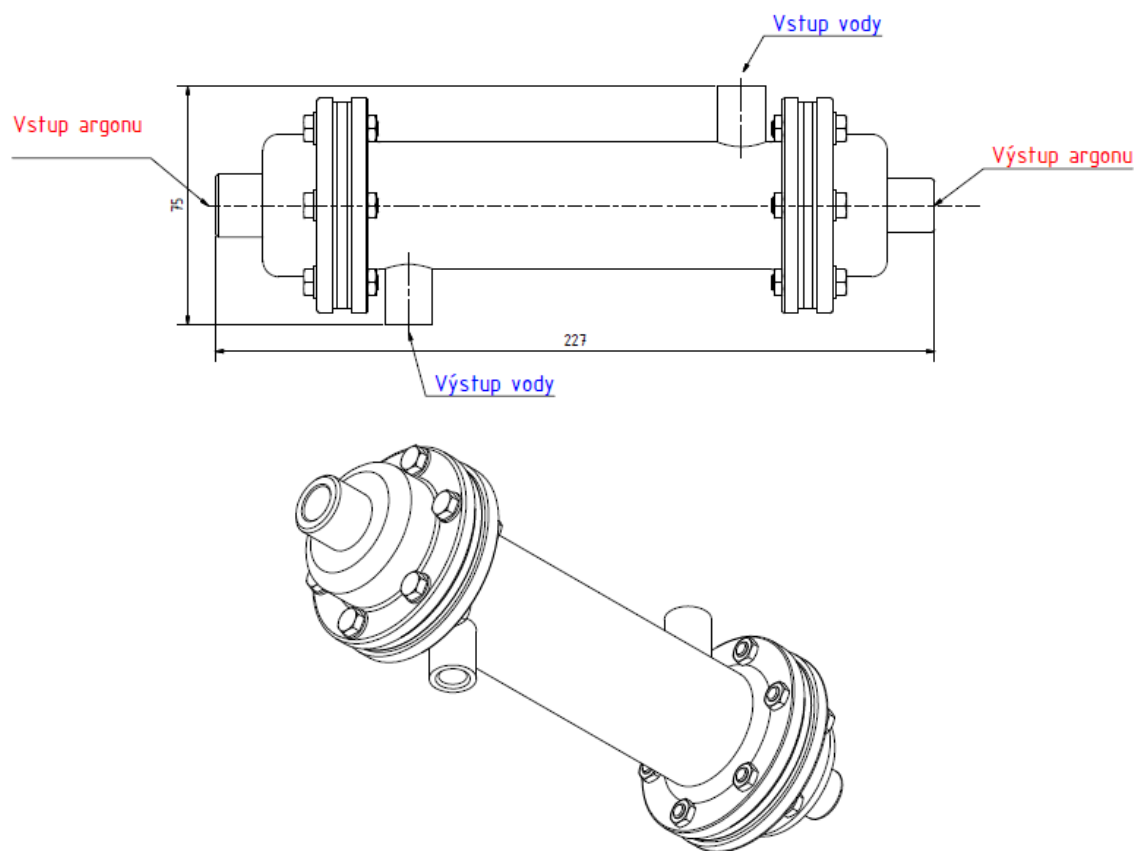
Hodnocení probíhá na stupnici od 1-5. Přičemž bod 5 znázorňuje nejhorší a bod 1 nejlepší přínos.

Dle zadaných kritérií jsme zvolili řešení A jako nevhodnější



## 6 HRUBÁ STAVEBNÍ STRUKTÚRA

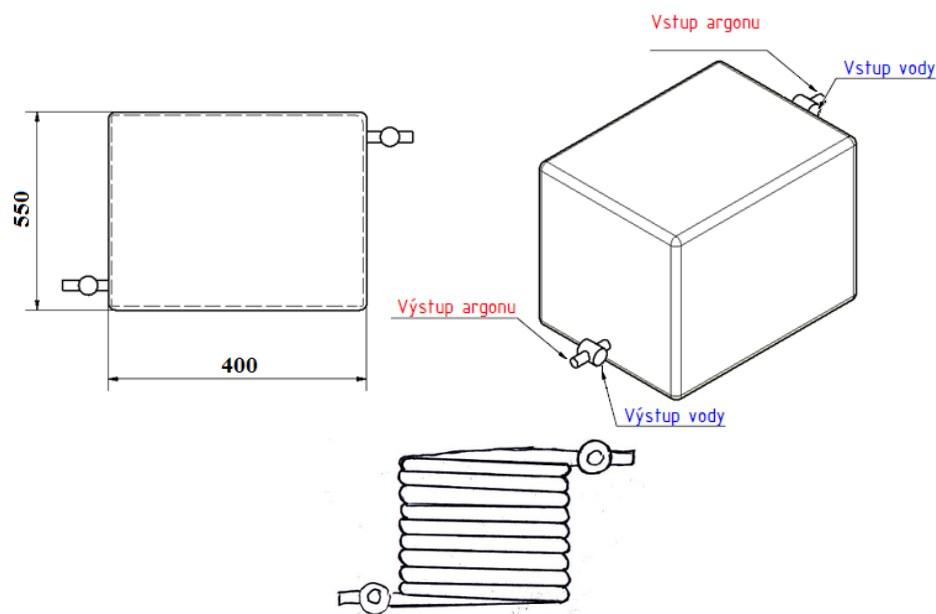
### Schématické znázornění řešení metody A



Obrázek 12 – Hrubá stavební struktura – Varianta A

Zařízení funguje na principu svazkového výměníku tepla. Hlavní části: příruby, těsnění, kryt, rychlospojky, mezikus pro vodu. Přívod argonu do chladiče zajišťuje šroubení, které je upevněno na přírubě. Odvod argonu ze zařízení zajišťuje rychlospojka. Na trubkovnici je upevněno 17 malých měděných chladících trubic o průměry 2,4 mm, které jsou uspořádány v řadách za sebou s odsazením. Hlavním kritériem byla hermetizace, proto je mezi krytem - trubkovnicí a trubkovnicí - přírubou vloženo těsnění které odolává vysokým teplotám. Voda vstupuje do zařízení pomocí rychlospojek, které jsou upevněny na mezikusech. Mezikusy jsou svařeny ke krytu.

## Schématické znázornění řešení B



Obrázek 13 – Hrubá stavební struktura – Varianta B

Zařízení je založeno na principu „Trubky v trubce“. Zařízení je vybaveno těmito částmi: „Trubka v trubce“, kryt, rychlospojky, těsnění. Ve vnitřní trubici proudí plyn, který se bude ochlazovat a ve vnější trubici proudí voda pro ochlazení. Trubice jsou smotány do šroubovice. Kryt je zhotoven z plastu pro snížení hmotnosti celého zařízení. Přívod a odvod vody je zajištěn pomocí rychlospojek. Přívod argonu je zajištěn pomocí šroubení a odvod pomocí rychlospojky.

## 7 VÝPOČET CHLADIČE

### 7.1 Zadané a zvolené veličiny

Potřebné veličiny	značka	hodnota	jednotka
vstupní teplota argonu	$t_{Ar-1}$	300	°C
výstupní teplota argonu	$t_{Ar-2}$	50	°C
vstupní teplota vody	$t_{v-1}$	20	°C
výstupní teplota vody	$t_{v-2}$	40	°C
Vnitřní průměr trubky	$d_1$	2,4	mm
Tloušťka stěny	$t$	0,35	mm
Vnější průměr trubky	$d_2$	3,1	mm

Tabulka 5 – Zadané a zvolené hodnoty

### 7.2 Určení termodynamických veličin

Pro výpočet si musíme zjistit vlastnosti materiálu, se kterými počítáme, hodnoty pro vodu, argon a měď určíme z literatury [II].

Hodnoty pro argon	značka	hodnota	jednotka
Tepelná kapacita argonu	$c_{p-Ar}$	0,523	kJ/kgK
Součinitel tepelné vodivosti argonu	$\lambda_{Ar}$	0,01633	W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>
Měrná hustota argonu	$\rho_{Ar}$	1,7839	Kg.m <sup>-3</sup>
Dynamická viskozita argonu	$\eta_{Ar}$	21,2.10 <sup>-6</sup>	Pa.s <sup>-1</sup>

Tabulka 6 – Hodnoty pro argon [II]

Hodnoty pro vodu	značka	hodnota	jednotka
Tepelná kapacita vody	$c_{p-v}$	4,176	kJ/kgK
Součinitel tepelné vodivosti vody	$\lambda_v$	0,615	W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>
Měrná hustota vody	$\rho_v$	995,7	Kg.m <sup>-3</sup>
Kinematická viskozita vody	$\nu_v$	0,805.10 <sup>-6</sup>	Pa.s <sup>-1</sup>
Dynamická viskozita vody	$\eta_v$	792,377.10 <sup>-6</sup>	Pa.s <sup>-1</sup>
Prandtlovo číslo	$P_r$	5,4	-

Tabulka 7 – Hodnoty pro vodu[II]

Hodnoty pro měď	značka	hodnota	jednotka
Součinitel tepelné vodivosti mědi	$\lambda_{Cu}$	373,323	W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>
Hustota mědi	$\rho_{Cu}$	8930	Kg.m <sup>-3</sup>
Teplotní roztažnost	$\alpha_{Cu}$	0,01717	1/K
Tepelná kapacita mědi	$c_{p-Cu}$	0,38	kJ/kgK

Tabulka 8 – Hodnoty pro měď[II]

### 7.3 Výpočet chladicího výkonu, hmotnostních toků a rychlostí

#### Převedení jednotek

$$351/\text{min} = V_{Ar} = 0,000588 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

#### Množství plynu za reálných podmínek

Množství plynu za reálných podmínek (při 300°C) si určíme z literatury [VII]

$$V_{s-Ar} = \frac{V_{Ar}}{T_0} \cdot T_1 \quad [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (7-1)$$

$$V_{s-Ar} = \frac{0,000588}{273,15} \cdot 573,15$$

$$V_{s-Ar} = 1,2337 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

#### Chladicí výkon chladiče

Nejprve si stanovíme chladicí výkon chladiče z literatury [VII], dosazujeme hodnoty pro argon, z tabulky [6].

$$\dot{Q} = m_{Ar} \cdot c_{p-Ar} \cdot (t_{Ar-1} - t_{Ar-2}) \quad [W] \quad (7-2)$$

$$\dot{Q} = 1,0489 \cdot 10^{-3} \cdot 0,523 \cdot (300 - 50)$$

$$\dot{Q} = 0,13715 \text{ kW} = 137,15 W$$

#### Potřebné množství vody pro ochlazení

Ze vztahu (7-2) jsme získali potřebný chladicí výkon chladiče, z něj teď stanovíme potřebné množství vody pro ochlazení pecní atmosféry.

$$m_v = \frac{\dot{Q}}{c_{p-v} \cdot \Delta t} \quad [\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (7-3)$$

$$m_v = \frac{0,13715}{4,176 \cdot (40 - 20)}$$

$$m_v = 1,6421 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

#### Množství argonu

Ze zadaného průtoku a hustoty argonu dopočteme dodávané množství argonu do výměníku podle literatury [VII].

$$m_{Ar} = V_n \cdot \rho_{Ar} \quad [\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}] \quad (7-4)$$

$$m_{Ar} = 0,000588 \cdot 1,7839$$

$$m_{Ar} = 1,0489 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

### Objemový tok vody

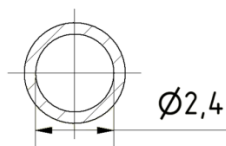
Potřebný objem vody je roven podílu množství vody pro ochlazení pecní atmosféry a její hustotě. Je dán vztahem z literatury [VII].

$$\begin{aligned} V_v &= \frac{m_v}{\rho_v} & [m^3.s^{-1}] & (7-5) \\ V_v &= \frac{1,6421.10^{-3}}{995,7} \\ V_v &= 1,649.10^{-6} m^3.s^{-1} \end{aligned}$$

### Rychlost proudění argonu

Rychlost proudění argonu v trubici je dána vztahem z literatury [III]. Je potřeba pro následující výpočty, počítá se s vnějším průměrem trubky (v našem případě se jedná o vnější průměr měděné trubky o rozměru 2,4mm).

$$\begin{aligned} w_{Ar} &= \frac{V_{s-Ar}}{S_{Ar}} & [m.s^{-1}] & (7-6) \\ w_{Ar} &= \frac{1,2337.10^{-3}}{\frac{\pi.0,0024^2}{4}.17} \\ w_{Ar} &= 16,041 m.s^{-1} \end{aligned}$$



Obrázek 14 - Měděná trubice ø2,4mm

### Rychlost proudění vody

Je rovna vztahu z literatury [III]. Jedná se o orientační rychlost.

$$\begin{aligned} w_v &= \frac{V_v}{S_v} = \frac{V_v}{\left(\frac{\pi}{4}\right).(d_3^2 - N.d_2^2)} & [m.s^{-1}] & (7-7) \\ w_v &= \frac{1,649.10^{-6}}{\left(\frac{\pi}{4}\right).(0,035^2 - 17.0,0031^2)} \\ w_v &= 1,977.10^{-3} m.s^{-1} \end{aligned}$$

Rychlost vody nepřesáhla kritickou rychlost (nad  $3,5 m.s^{-1}$ ), pro další výpočty budeme počítat s rychlostí  $w_v = 1,5 m.s^{-1}$ .

## 7.4 Výpočet součinitele přestupu tepla pro vodu

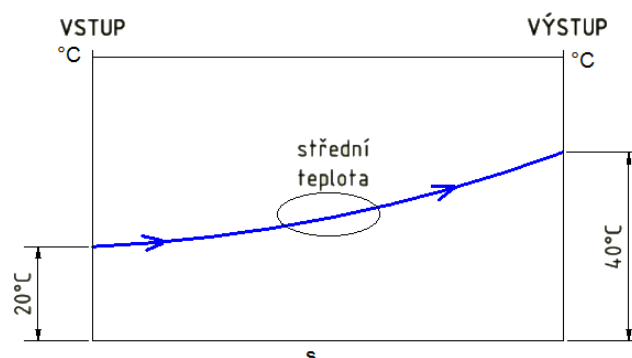
### Střední teplota vody

Pro stanovení střední teploty vody na vstupu a výstupu je daná rovnice z literatury [VII].

$$t_{stř-v} = \frac{t_{v-1} + t_{v-2}}{2} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (7-8)$$

$$t_{stř-v} = \frac{20 + 40}{2}$$

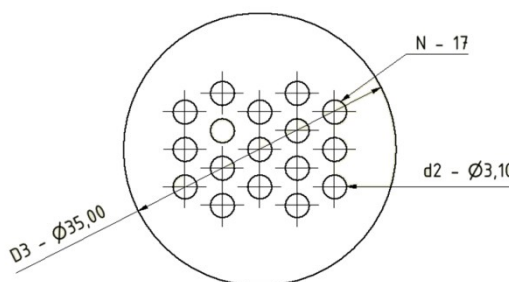
$$t_{stř-v} = 30^{\circ}\text{C}$$



Obrázek 15 – Schématické znázornění teploty vody

### Ekvivalentní průměr pro vodu

Jedná se o parametr, který charakterizuje nepravidelnou plochu. Jelikož prostor kde proudí voda není kruhový musíme si jej stanovit podle vztahu z literatury [VII].



Obrázek 16 – Ekvivalentní průměr (voda)

$$d_v = \frac{4.S_v}{O_v} = \frac{4.\left(\frac{\pi}{4}\right).(d_3^2 - N.d_2^2)}{\pi.(d_3 + N.d_2)} \quad [\text{m}] \quad (7-9)$$

$$d_v = \frac{4.S_v}{O_v} = \frac{4.\left(\frac{\pi}{4}\right).(0,035^2 - 17.0,0031^2)}{\pi.(0,035 + 17.0,0031)}$$

$$d_v = 0,0121\text{m}$$

## Reynoldsovo kritérium

Reynoldsovo kritérium slouží pro určení druhu proudění, zda je laminární přechodové nebo turbulentní, čím větší hodnotu Reynoldsovo kritérium nabývá, tím menší je celkový odpor. Rovnici pro stanovení druhu proudění použijeme z literatury [III].

$$Re_v = \frac{w_v \cdot d_v}{\nu_v} \quad [-] \quad (7-10)$$

$$Re_v = \frac{1,5 \cdot 0,0121}{0,805 \cdot 10^{-6}}$$

$$Re_v = 22546,58$$

Z výpočtu vyplývá, že proudění vody ve výměníku se nachází v turbulentní oblasti.

## Nuseltovo kritérium

Z rovnice (7-10) jsme zjistili, že proudění se nachází v oblasti turbulentního proudění. Následně si pro tuto oblast vybereme z literatury [VII] vztah:

$$Nu_v = 0,023 \cdot Re_v^{0,8} \cdot Pr_v^{0,4} \quad [-] \quad (7-11)$$

$$Nu_v = 0,023 \cdot 22546,58^{0,8} \cdot 5,4^{0,4}$$

$$Nu_v = 137,135$$

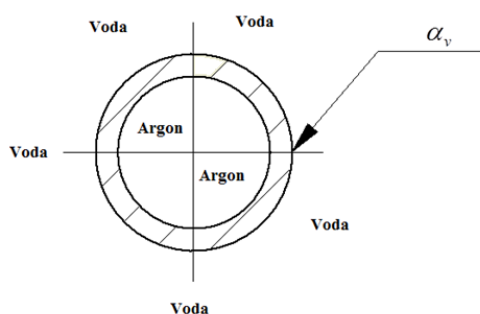
## Součinitel přestupu tepla mezi vodou a trubkou

Pro výpočet součinitele přestupu tepla mezi vodou a trubkou použijeme rovnici z literatury [VII]. Odhad od [XII] je v rozsahu od 5000-8000 W.m<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>.

$$\alpha_v = \frac{Nu_v \cdot \lambda_v}{d_v} \quad [W.m^{-2}.K^{-1}] \quad (7-12)$$

$$\alpha_v = \frac{137,135 \cdot 0,615}{0,0121}$$

$$\alpha_v = 6665,126 W.m^{-2}.K^{-1}$$



Obrázek 17 – Výsledný součinitel tepla mezi vodou a trubkou

## 7.5 Výpočet součinitele přestupu tepla pro pecní atmosféru

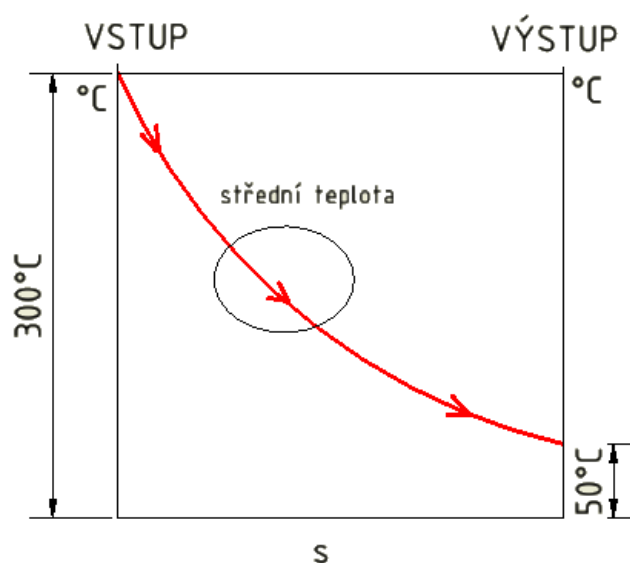
### Střední teplota argonu

Pro stanovení střední teploty argonu na vstupu a výstupu je daná rovnice z literatury [VII].

$$t_{stř-Ar} = \frac{t_{Ar-1} + t_{Ar-2}}{2} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (7-13)$$

$$t_{stř-Ar} = \frac{300 + 50}{2}$$

$$t_{stř-Ar} = 175^{\circ}\text{C}$$



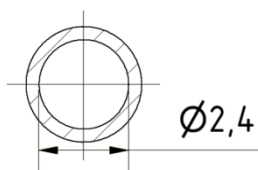
Obrázek 18- Schematické znázornění teploty argonu

### Výpočet ekvivalentního průměru

Jedná se o parametr, který charakterizuje nepravidelnou plochu. V našem případě se ale jedná o kruh. Tudíž ekvivalentní průměr je roven průměru vnitřního průměru trubice.

$$d_{Ar} = d_1 \quad [\text{m}] \quad (7-14)$$

$$d_{Ar} = 0,0024\text{m}$$



Obrázek 19 – Ekvivalentní průměr (argon)



## Reynoldsovo kritérium

Reynoldsovo kritérium slouží pro určení druhu proudění, zda je laminární přechodové nebo turbulentní, čím větší hodnotu Reynoldsovo kritérium nabývá, tím menší je celkový odpor. Rovnici pro stanovení druhu proudění použijeme z literatury [III].

Pro, náš případ musíme dosáhnout co nejvyššího Reynoldsova čísla.

$$\begin{aligned} \text{Re}_{Ar} &= \frac{w_{Ar} \cdot d_{Ar}}{\nu_{Ar}} & [-] & \quad (7-15) \\ \text{Re}_{Ar} &= \frac{16,041.0,0024}{1,1884.10^{-5}} \\ \text{Re}_{Ar} &= 3239,51 \end{aligned}$$

Z výsledku vyplývá, že proudění argonu v měděných trubicích je v přechodové oblasti.

## Kinematická viskozita argonu

Jde o podíl dynamické viskozity (v našem případě argonu) a hustoty. Čím vyšší je teplota, tím vyšší je viskozita. Pro výpočet viskozity argonu použijeme vztah z literatury [VII].

$$\begin{aligned} \nu_{Ar} &= \frac{\eta_{Ar}}{\rho_{Ar}} & [m^2 \cdot s^{-1}] & \quad (7-16) \\ \nu_{Ar} &= \frac{21,2.10^{-6}}{1,7839} \\ \nu_{Ar} &= 1,1884.10^{-5} m^2 \cdot s^{-1} \end{aligned}$$

## Prandtlovo kritérium

Prandtlovo kritérium určuje vlastnosti tekutiny/plynu. Je dáno vztahem z literatury [III].

$$\begin{aligned} \text{Pr}_{Ar} &= \frac{\eta_{Ar} \cdot c_{p-Ar} \cdot 10^3}{\lambda_{Ar}} & [-] & \quad (7-17) \\ \text{Pr}_{Ar} &= \frac{21,2.10^{-6} \cdot 0,523.10^3}{0,01633} \\ \text{Pr}_{Ar} &= 0,679 \end{aligned}$$

### Nuseltovo kritérium

Z rovnice (7-15) jsme zjistili, že proudění se nachází v přechodové oblasti. Pro tuto oblast si z literatury [VII] zjistíme Nuseltovo kritérium.

Odhadovaná délka trubic **L = 0,1m**

$$Nu_{Ar} = 0,116 \cdot (Re_{Ar}^{\frac{2}{3}} - 125) \cdot Pr_{Ar}^{\frac{1}{3}} \cdot \left[ 1 + \left( \frac{d_{Ar}}{L} \right)^{\frac{2}{3}} \right] = \quad [-] \quad (7-18)$$

$$Nu_{Ar} = 0,116 \cdot (3239,51^{\frac{2}{3}} - 125) \cdot 0,679^{\frac{1}{3}} \cdot \left[ 1 + \left( \frac{0,0024}{0,1} \right)^{\frac{2}{3}} \right] =$$

$$Nu_{Ar} = 10,37$$

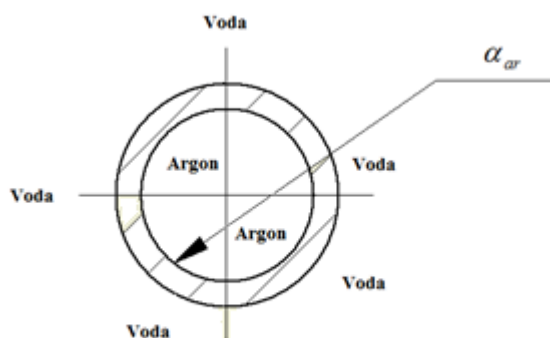
### Součinitel přestupu tepla mezi argonem a trubicou

Pro dopočet součinitele přestupu tepla mezi argonem a trubicou použijeme rovnici z literatury [VII]. Odhad od [XII] je v rozsahu od 50-100 W.m<sup>-2</sup>.K<sup>-1</sup>.

$$\alpha_{Ar} = \frac{Nu_{Ar} \cdot \lambda_{Ar}}{d_{Ar}} \quad [W.m^{-2}.K^{-1}] \quad (7-19)$$

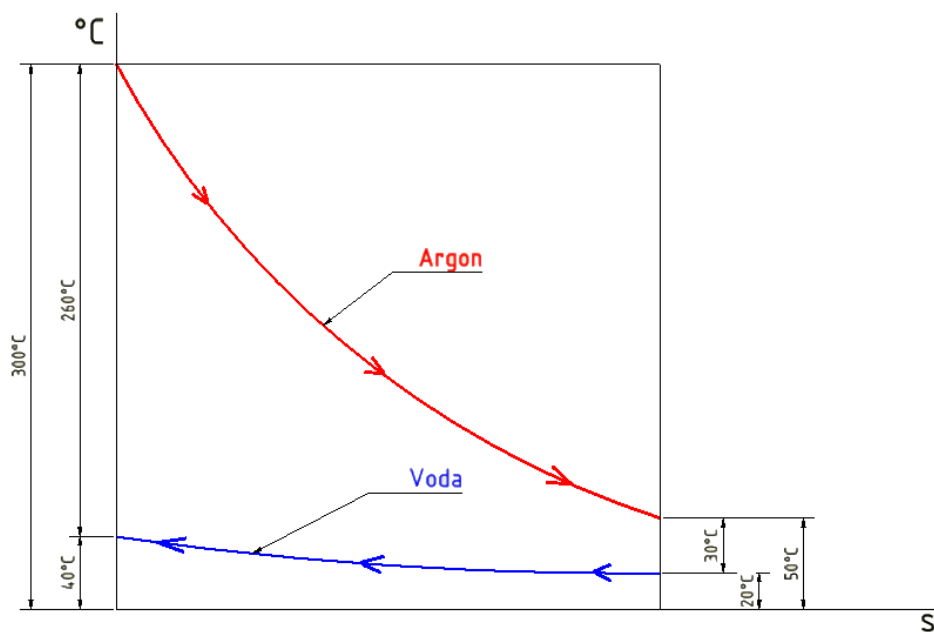
$$\alpha_{Ar} = \frac{10,374 \cdot 0,01633}{0,0024}$$

$$\alpha_{Ar} = 70,58 W.m^{-2}.K^{-1}$$



Obrázek 20 – Výsledný součinitel tepla mezi argonem a trubicou

## 7.6 Výpočet středních teplot ve výměníku.



Obrázek 21 – Schematické znázornění teplot

**Rozdíl maximálních teplot na vstupu [VII]**

$$\begin{aligned}\Delta t_1 &= t_{Ar-1} - t_{v-1} & [^{\circ}\text{C}] & (7-20) \\ \Delta t_1 &= 300 - 40 \\ \Delta t_1 &= 260^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

**Rozdíl minimálních teplot na výstupu [VII]**

$$\begin{aligned}\Delta t_2 &= t_{Ar-2} - t_{v-2} & [^{\circ}\text{C}] & (7-21) \\ \Delta t_2 &= 50 - 20 \\ \Delta t_2 &= 30^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

**Střední logaritmický teplotní spád [VII]**

$$\begin{aligned}\overline{\Delta t} &= \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}} & [^{\circ}\text{C}] & (7-22) \\ \overline{\Delta t} &= \frac{260 - 30}{\ln \frac{260}{30}} \\ \overline{\Delta t} &= 106,5^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

## 7.7 Výpočet součinitele prostupu tepla

Pro stanovení délky chladiče, potřebujeme znát celkový součinitel prostupu tepla. Ten si dopočteme z literatury [VII].

$$k_1 = \frac{17 \cdot \pi}{\left( \frac{1}{d_1 \cdot \alpha_{Ar}} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{Cu}} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{d_2 \cdot \alpha_v} \right)} \quad [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}] \quad (7-23)$$
$$k = \frac{17 \cdot \pi}{\left( \frac{1}{0,0024 \cdot 70,58} + \frac{1}{2,373,323} \cdot \ln \frac{0,0031}{0,0024} + \frac{1}{0,0031 \cdot 6665,12} \right)}$$
$$k_1 = 8,972 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$$

## 7.8 Výpočet délky chladiče

### Výpočet potřebné délky výměníku

Na závěr si stanovíme potřebnou délku výměníku, která je daná rovnicí z literatury [VII].

$$L = \frac{Q}{k \cdot \Delta t} \quad [m] \quad (7-24)$$
$$L = \frac{137,15}{8,972 \cdot 106,5}$$
$$L = 0,1435 m$$

Stanovená délka se liší od odhadované o 0,0435m, proto budeme iteračně opakovat tu část výpočtu, která závisí na délce, dokud nedojdeme k přibližnější hodnotě dle literatury [VII].

## 7.9 Iterační výpočty

**Nuseltovo kritérium – iterační přepočít [VII]**

Nyní za délku L dosadíme výsledek z rovnice (7-24)

$$Nu_{ar} = 0,116 \cdot (Re_{ar}^{\frac{2}{3}} - 125) \cdot Pr_{ar}^{\frac{1}{3}} \cdot \left[ 1 + \left( \frac{d_b}{L} \right)^{\frac{2}{3}} \right] = \quad [-] \quad (7-25)$$

$$Nu_{ar} = 0,116 \cdot (3239,51^{\frac{2}{3}} - 125) \cdot 0,679^{\frac{1}{3}} \cdot \left[ 1 + \left( \frac{0,0024}{0,1435} \right)^{\frac{2}{3}} \right] =$$

$$Nu_{ar} = 10,203$$

**Součinitel přestupu tepla - iterační přepočít [VII]**

$$\alpha_{ar} = \frac{Nu_{ar} \cdot \lambda_{ar}}{d_1} \quad [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}] \quad (7-26)$$

$$\alpha_{ar} = \frac{10,203 \cdot 0,01633}{0,0024}$$

$$\alpha_{ar} = 69,428 W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$$

**Výpočet tepelného toku prostupu tepla - iterační přepočít [VII]**

$$k_1 = \frac{17 \cdot \pi}{\left( \frac{1}{d_1 \cdot \alpha_{ar}} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{cu}} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{d_2 \cdot \alpha_v} \right)} \quad [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}] \quad (7-27)$$

$$k = \frac{17 \cdot \pi}{\left( \frac{1}{0,0024 \cdot 69,428} + \frac{1}{373,323} \cdot \ln \frac{0,0031}{0,0024} + \frac{1}{0,0031 \cdot 6665,12} \right)}$$

$$k_1 = 8,827 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$$

**Výpočet délky chladiče - iterační přepočít [VII]**

$$L = \frac{Q}{k \cdot \Delta t} \quad [m] \quad (7-28)$$

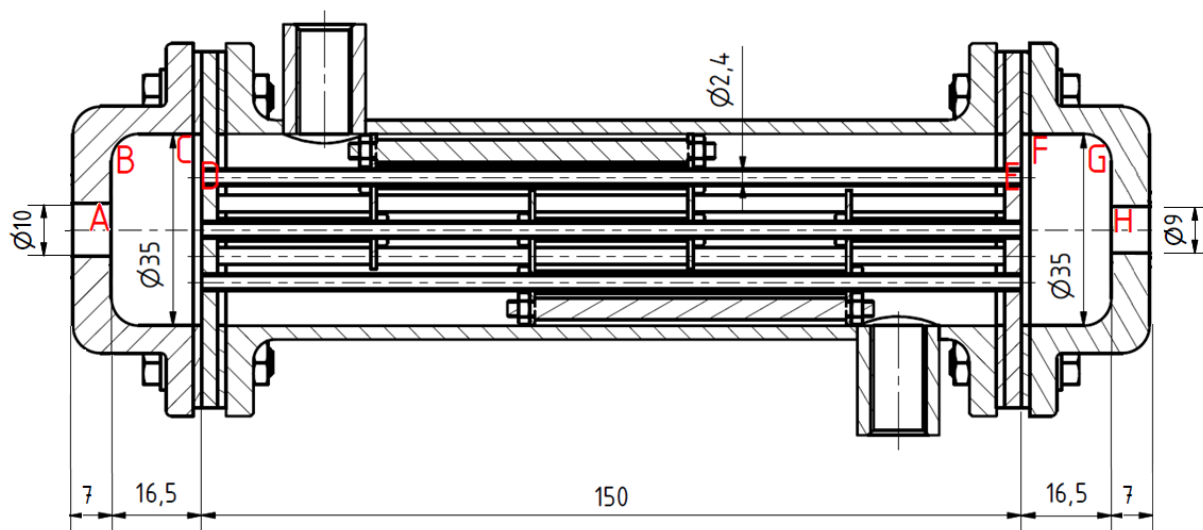
$$L = \frac{137,15}{8,827 \cdot 106,5}$$

$$L = 0,1458 m \Rightarrow 0,15 m$$

Nyní odhadovaná a stanovená délka odpovídá, potřebná délka trubice byla stanovena na 0,1458m, pro náš případ jsme ale zaokrouhlili velikost na 0,15m.

## 8 VÝPOČET TLAKOVÝCH ZTRÁT

Na obrázku 22, jsme si určili kritická místa ve výměníku. Jedná se především o místa, kde jsou náhlé změny průměru.



Obrázek 22 – Chladič pecní atmosféry – kritická místa

Na obr. 22 jsme si určili kritická místa v chladiči, pro tyto místa si dopočítáme rychlosti a následně dopočteme tlakové ztráty.

### 8.1 Výpočet rychlosti argonu ve výměníku

Určení objemu v místě A [VII]

$$V_A = \frac{V_{ar}}{T_0} \cdot T_1 \quad [m^3 \cdot s^{-1}] \quad (8-1)$$

$$V_A = \frac{0,000588}{273,15} \cdot 573,15$$

$$V_A = 1,2337 \cdot 10^{-3} m^3 \cdot s^{-1}$$

Určení rychlosti v bodě A [III]

$$w_A = \frac{V_A}{S_A} \quad [m \cdot s^{-1}] \quad (8-2)$$

$$w_A = \frac{1,2337 \cdot 10^{-3}}{\frac{\pi \cdot 0,01^2}{4}}$$

$$w_A = 15,7 m \cdot s^{-1}$$

### Stanovení potřebných rychlostí

Stejným způsobem jako v rovnicích 8-1 a 8-2 si stanovíme zbývající rychlosti argonu v jednotlivých úsecích výměníku všechny rychlosti. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 9.

<b>Rychlosti argonu</b>	<b>[<math>m.s^{-1}</math>]</b>
Rychlost v místě A	12,5
Rychlost v místě B	1,28
Rychlost v místě D	16,041
Rychlost v místě E	9,045
Rychlost v místě G	0,72
Rychlost v místě CH	6,15

Tabulka 9- Dopočet rychlostí argonu

## 8.2 Výpočet ztrát třením v potrubí

Pro výpočet tlakových ztrát vlivem tření použijeme vzorec z literatury [IX]. Pro daný výpočet, použijeme střední rychlost argonu.

$$\Delta p_{z-tř} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2 \cdot \rho}{2} \quad [Pa] \quad (8-3)$$

$$\Delta p_{z-tř} = 5,559 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,15}{0,0024} \cdot \frac{12,5^2 \cdot 1,7839}{2}$$

$$\Delta p_{z-tř} = 48,31 Pa$$

### Součinitel tření

Z literatury [IX] jsme zjistili, že součinitel tření dle Blasia je roven vztahu:

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt{Re}} \quad [-] \quad (8-4)$$

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt{3239,51}}$$

$$\lambda = 5,559 \cdot 10^{-3}$$

### 8.3 Výpočet místních ztrát [IX]

$$\Delta p_{Z,mA-B} = \zeta \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2} \quad [Pa] \quad (8-5)$$

$$\Delta p_{Z,mA-B} = 0,25 \cdot \frac{15,7^2 \cdot 1,7839}{2}$$

$$\Delta p_{Z,mA-B} = 54,96 Pa$$

Stejným způsobem jako v rovnici 8-5 si stanovíme zbývající místní tlakové ztráty argonu ve výměníku. Jednotlivé výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 10.

Kritický usek	rychlost [m/s]	$\zeta$	$\Delta p_{Z,m}$ [Pa]
A-B	15,7	0,25	54,96
C-D	1,28	0,5	0,73
E-F	9,045	1	14,59
G-H	0,72	0,25	0,11
<b>Celková místní ztráta [Pa]</b>			<b><u>70,38</u></b>

Tabulka 10 – Dopočet tlakových ztrát v kritických úsecích

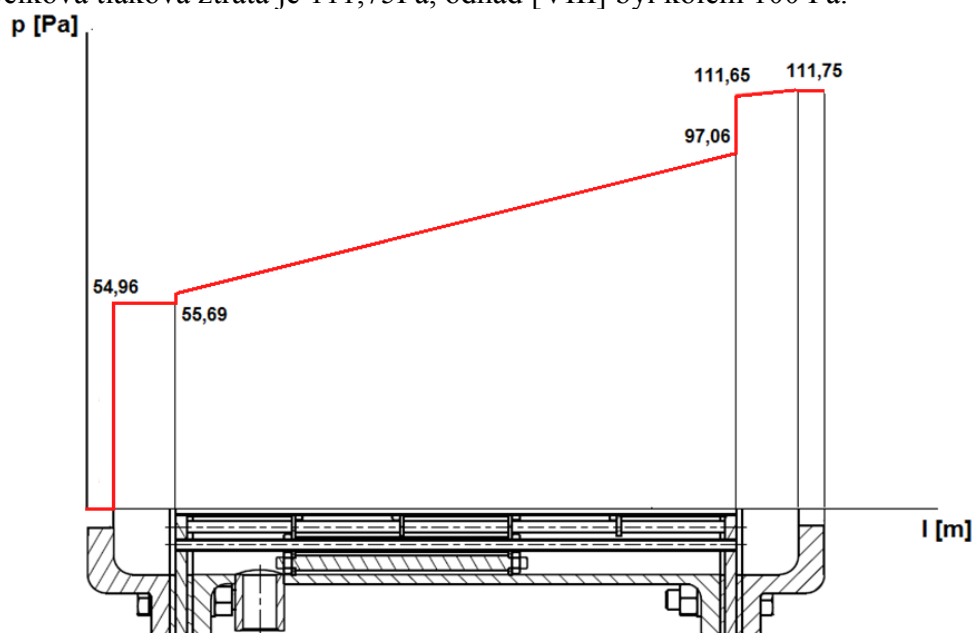
### 8.4 Celková tlaková ztráta [IX]

$$\Delta p = \Delta p_{z-iř} + \Delta p_{z-m} \quad [Pa] \quad (8-6)$$

$$\Delta p = 69,86 + 41,37$$

$$\Delta p = 111,75 Pa$$

Celková tlaková ztráta je 111,75Pa, odhad [VIII] byl kolem 100 Pa.

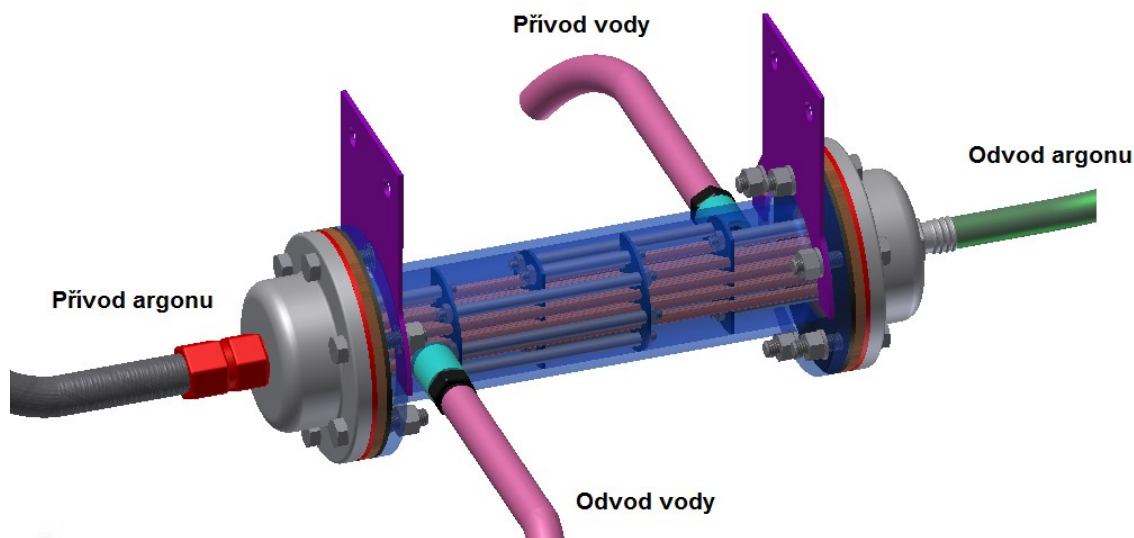


Obrázek 23 - Schématické znázornění tlakových ztrát argonu



## 9 ÚPLNÁ STAVEBNÍ STRUKTURA

Pro názornou ukázkou jsou jednotlivé komponenty barevně odlišeny.



Obrázek 24 – Chladič pecní atmosféry

### 9.1 Popis jednotlivých komponentů

#### Trubice výměníku

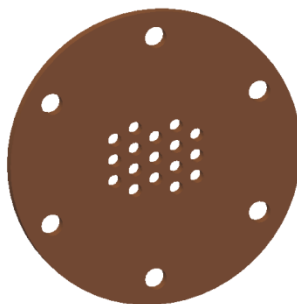
Jako materiál pro trubice jsem zvolil měď, díky dobrým tepelným vlastnostem. Průměr je zvolen na 2,4 mm, abychom docílili většího proudění argonu v trubici a tím se zvedl součinitel přestupu tepla. Materiál viz příloha I.



Obrázek 25 – Trubice Ø2,4 mm

#### Trubkovnice

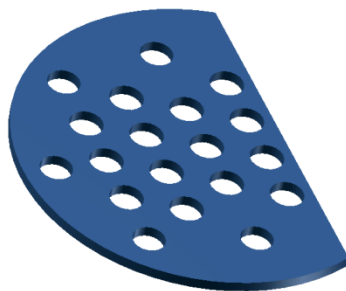
Do trubkovnice se vkládají chladicí trubice, které se následně pomocí svařovací techniky k trubkovnici přivaří. Jako materiál trubkovnice použijeme měď.



Obrázek 26 -Trubkovnice

### **Přepážky pro regulaci toku chladicího média**

Přepážky slouží k usměrnění toku vody a k jejímu rovnoměrnému rozprostření v chladicí části výměníku. Přepážky jsou od sebe odsazeny ve vzdálenosti 28mm.



*Obrázek 27 – Přepážka pro regulaci*

### **Stavěcí tyče**

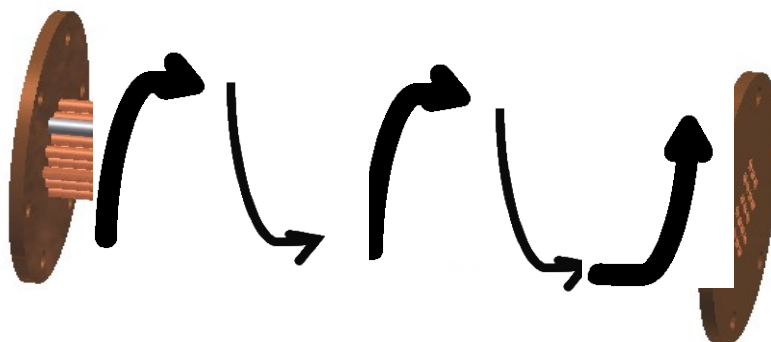
Slouží ke zpevnění regulačních přepážek ve výměníku. Jsou navrženy z nerez oceli a ve 3 provedeních.



*Obrázek 28 – Stavěcí tyče*

### **Sestavení přepážek pro regulaci se stavěcími tyčemi**

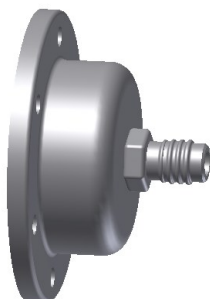
Stavěcí tyče jsou uspořádány tak, aby se nezabránilo toku vody, jsou přichyceny maticemi. K trubkovnici jsou uchyceny pomocí dorazů. Na obrázku 29 je znázornění usměrnění toku vody, pomocí přepážek pro regulaci.



*Obrázek 29 – Sestava – trubkovnice + uchycení*

### Sestava zadního krytu

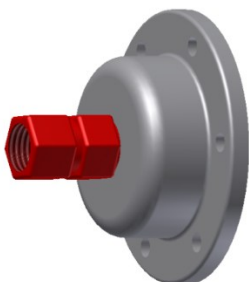
Zadní kryt se skládá z příruby s vnitřním trubkovým závitem a rychlospojky pro odvod argonu z pece. Katalog rychlospojek je přiložen v příloze II. Kde vyznačený použitý typ a velikost.



*Obrázek 30 – Sestava zadního krytu*

### Sestava předního krytu

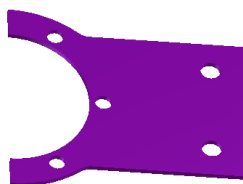
Sestava předního krytu se skládá z příruby s vnějším závitem M10x1 a šroubením. Šroubení slouží k propojení pecního prostoru s výměníkem. Parametry šroubení jsou nastíněny v příloze III.



*Obrázek 31 – Sestava předního krytu*

### Uchycení

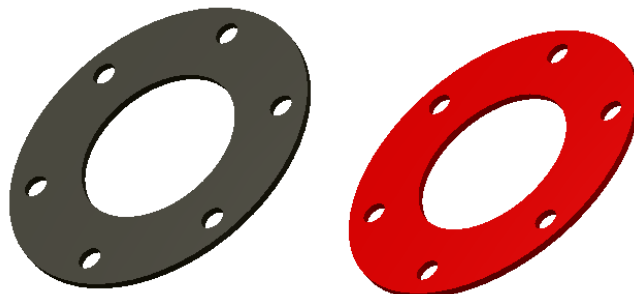
Uchycení zařízení je myšleno pomocí využití šroubů pro spojení příruby s krytem zařízení. Tvar je přizpůsoben tvaru příruby. Tvar uchycení umožňuje zařízení uchytit v různých polohách.



*Obrázek 32- Uchycení výměníku*

## **Těsnění**

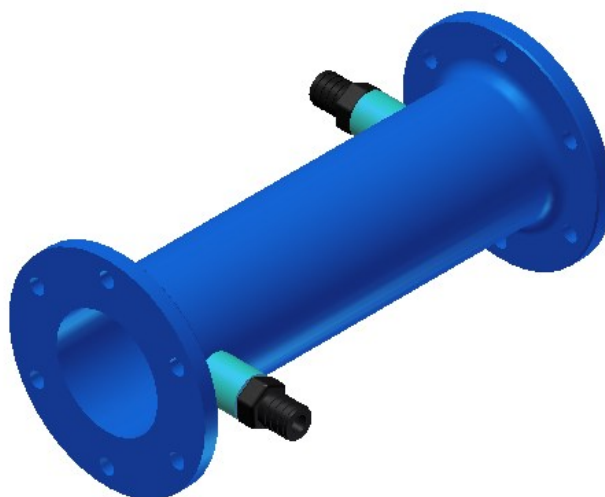
Hlavní požadavek na zařízení byla hermetizace. Proto jsme museli, navrhnuv dobré a kvalitní těsnění. Těsnění je vloženo mezi přírubu a trubkovnici a také mezi trubkovnici a kryt. Materiál těsnění je přiložen v příloze VI.



*Obrázek 33 - Těsnění*

## **Sestava krytu**

Sestava krytu se skládá z krytu a 2 přípojkami, 1 slouží pro přivedení vody pomocí rychlospojky a jedna pro odvod vody z prostoru chladiče, také pomocí rychlospojky. Rychlospojky jsou spojeny s krytem pomocí mezikusu, který je upevněn pomocí svarového spoje s krytem. Specifikaci rychlospojky nalezneme v příloze VII. K rychlospojkám je navržena hadice, kterou nalezneme v příloze č. IV.



*Obrázek 34 – Sestava krytu*

## 9.2 Technická specifikace

### Chladič pecní atmosféry

Zařízení je přizpůsobeno na chlazení argonu, který je přiváděn pomocí šroubení do chladiče. V chladiči je připevněno k trubkovnici 17 měděných trubíc pro ochlazení plynu. Trubice ochlazuje voda, která vstupuje do zařízení pomocí rychlospojek, které jsou připojené s krytem pomocí mezikusu z oceli. Mezikus je pomocí svarového spoje připevněn ke krytu zařízení. V krytu je umístěn systém na usměrnění proudu vody, aby se docílilo důkladného ochlazení všech trubíc. Díky rychlospojkám je zařízení mobilní.

Technické specifikace	
Teplota argonu na vstupu	300°C
Teplota argonu na výstupu	50°C
Teplota vody na vstupu	20°C
Teplota vody na výstupu	40°C
Délka zařízení	240 mm
Výška zařízení	104 mm
Šířka zařízení	97 mm.

*Tabulka 11 – Technické specifikace*

### Sestava Chladiče pecní atmosféry

Na výkrese č. BP-BEI0008-04-S01 je navržená sestava Chladiče pecní atmosféry. Chladič je zobrazen na výkrese v patřičných pohledech a řezech, aby bylo patrné, jak zařízení funguje a jak jej složit.

### Sestavení přepážek

Na výkrese č. BP-BEI0008-04-S02 je sestavný výkres pro sestavení přepážek. Přepážky slouží pro usměrnění toku vody v krytu. Z výkresu je patrné sestavení přepážek.

### Sestava krytu

Na výkrese č. BP-BEI0008-04-S03 je sestavný výkres pro kryt. Sestava se skládá z krytu a 2 mezikusů, které se ke krytu svařují. Z výkresu je patrné sestavení.

### Tlaková zkouška výměníků

Před samotným provozem výměníku je zapotřebí provést zkoušku těsnosti. Ta se provede tlakovou zkouškou pomocí vzduchu. Zkouška bude probíhat na straně vody i na straně argonu. Tlaková zkouška se provádí dle planých evropských norem.

## ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývala návrhem zařízení pro ochlazení pecní atmosféry. Při navrhování se rozhodovalo mezi variantou Svazkový výměník, nebo „Trubka v trubce“. Tyto 2 varianty vyšly z postupu pomocí metodiky konstruování dle [I], zde se vypracovaly požadavky na zařízení, následně popsaly funkce a navrhla morfologická matice. Jako nejlepší varianta vyšel Svazkový výměník tepla, ten je dále rozpracován do úplné stavební struktury. Ve výpočtové části se stanovují přestupy tepla mezi vodou a měděnou trubicí, mezi argonem a trubicí a velikostí chladicích trubic. Následně se stanovila tlaková ztráta ve výměníku. Pro zlepšení a usměrnění toku vody jsou navrženy 4 přepážky, které mají za cíl, aby voda ve výměníku ochladila všechny trubice stejným způsobem. Pomocí softwaru Autodesk Inventor 2012 proběhla tvorba 3D modelu a výkresové dokumentace, která je přiložena v příloze.

## SEZNAM LITERATURY

### Knihy a časopisy

- [I]. Hubka Vladimír, Konstrukční Nauka, obecný model při konstruování, 2 přepracované a doplněné vydání. Vyd. 1995. 118s. ISBN 80-90 1135-0-8
- [II]. RAŤNJEVIĆ, K. Termodynamické tabulky. Vydání 1. Bratislava: Alfa, 1984. 336 s. MDT 536. /083. 5/.
- [III]. DLOUHÝ C, Tomáš. *Výpočty kotlů a spalinových výměníků*. Praha: České vysoké učení technické, 2007.
- [IV]. SAZIMA, Miroslav; KMOLÍČEK, Vladimír; SCHNELLER, Jiří. Teplo. Vyd. 1. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1989. 588 s. ISBN 80-03-0043-2.
- [V]. Budaj, Florian; Parní kotle – Podklady pro tepelný výpočet. Vydání čtvrté přepracované, Brno: Nakladatelství Vysoké učení technické v Brně, 200s. ISBN 80-214-0426-4
- [VI]. PŘÍHODA, M., RÉDR, M. Sdílení tepla a proudění. 2. přepracované vydání Ostrava: Editační středisko VŠB-TU Ostrava, Ostrava 2008, 177 s. ISBN 978-80-248-1748-4
- [VII]. HASAL P., Schreiber I., Šnita D., et al. *Chemické inženýrství I*. Praha: VŠCHT, 2007. ISBN 978-80-7080-0027. Dostupné z: [http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_isbn-978-80-7080-002-7/pages-img/obsah.html](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_isbn-978-80-7080-002-7/pages-img/obsah.html)
- [VIII]. NOGA, Z. Odborná pomoc a odhad.
- [IX]. MECHANIKA TEKUTIN. První. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné z: <http://www.338.vsb.cz/PDF/Drabkova-Mechanikatekutin.pdf>

### Internetové zdroje

- [1] Výměníky tepla. *Ústav chemického inženýrství* [online]. [cit. 2013-03-02]. Dostupné z: <http://www.vscht.cz/uchi/echi/vt/index.html>
- [2] Trubkové výměníky. *Ústav chemického inženýrství* [online]. [cit. 2013-03-02]. Dostupné z: <http://www.vscht.cz/uchi/echi/vt/trubkove.html>
- [3] Deskové výměníky. *Ústav chemického inženýrství* [online]. [cit. 2013-03-02]. Dostupné z: <http://www.vscht.cz/uchi/echi/vt/deskove.html>
- [4] Spirálový výměník. *Ústav chemického inženýrství* [online]. [cit. 2013-03-02]. Dostupné z: <http://www.vscht.cz/uchi/echi/vt/ostatni.html>
- [5] *Deskový výměník tepla - obr.* [online]. [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <http://www.bcb-plzen.eu/alfalaval/vym6.jpg>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1 - Výměník tepla trubka v trubce [2]</i> .....	14
<i>Obrázek 2 - Svazkový výměník tepla [2]</i> .....	14
<i>Obrázek 3 - Příklad svazkového výměníku [2]</i> .....	15
<i>Obrázek 4 - Nerezový trubkový had [2]</i> .....	15
<i>Obrázek 5 - Příklad deskového výměníku [3]</i> .....	16
<i>Obrázek 6 - Deskový výměník tepla [5]</i> .....	16
<i>Obrázek 7 - Spirálový výměník tepla [4]</i> .....	16
<i>Obrázek 8 – Černá skříňka [I]</i> .....	19
<i>Obrázek 9- Model technického procesu [I]</i> .....	19
<i>Obrázek 10 – Blokové schéma [I]</i> .....	20
<i>Obrázek 11 - Funkční struktura - Hierarchický funkční strom [I]</i> .....	21
<i>Obrázek 12 – Hrubá stavební struktura – Varianta A</i> .....	25
<i>Obrázek 13 – Hrubá stavební struktura – Varianta B</i> .....	26
<i>Obrázek 14 - Měděná trubice <math>\varnothing 2,4\text{mm}</math></i> .....	29
<i>Obrázek 15 – Schématické znázornění teploty vody</i> .....	30
<i>Obrázek 16 – Ekvivalentní průměr (voda)</i> .....	30
<i>Obrázek 17 – Výsledný součinitel tepla mezi vodou a trubicí</i> .....	31
<i>Obrázek 18- Schématické znázornění teploty argonu</i> .....	32
<i>Obrázek 19 – Ekvivalentní průměr (argon)</i> .....	32
<i>Obrázek 20 – Výsledný součinitel tepla mezi argonem a trubicí</i> .....	34
<i>Obrázek 21 – Schématické znázornění teplot</i> .....	35
<i>Obrázek 22 – Chladič pecní atmosféry – kritická místa</i> .....	38
<i>Obrázek 23 - Schématické znázornění tlakových ztrát argonu</i> .....	40
<i>Obrázek 24 – Chladič pecní atmosféry</i> .....	41
<i>Obrázek 25 – Trubice <math>\varnothing 2,4\text{ mm}</math></i> .....	41
<i>Obrázek 26 -Trubkovnice</i> .....	41
<i>Obrázek 27 – Přepážka pro regulaci</i> .....	42
<i>Obrázek 28 – Stavěcí tyče</i> .....	42
<i>Obrázek 29 – Sestava – trubkovnice + uchycení</i> .....	42
<i>Obrázek 30 – Sestava zadního krytu</i> .....	43
<i>Obrázek 31 – Sestava předního krytu</i> .....	43
<i>Obrázek 32- Uchycení výměníku</i> .....	43
<i>Obrázek 33 - Těsnění</i> .....	44
<i>Obrázek 34 – Sestava krytu</i> .....	44



## SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 – Požadavkový list [I]</i> .....	18
<i>Tabulka 2 – Morfologická matice [I]</i> .....	22
<i>Tabulka 3 – Vybrané konstrukční řešení [I]</i> .....	23
<i>Tabulka 4 - Hodnocení vybraných možností [I]</i> .....	24
<i>Tabulka 5 – Zadané a zvolení hodnoty</i> .....	27
<i>Tabulka 6 – Hodnoty pro argon [II]</i> .....	27
<i>Tabulka 7 – Hodnoty pro vodu[II]</i> .....	27
<i>Tabulka 8 – Hodnoty pro měď[II]</i> .....	27
<i>Tabulka 9- Dopočet rychlostí argonu</i> .....	39
<i>Tabulka 10 – Dopočet tlakových ztrát v kritických úsecích</i> .....	40
<i>Tabulka 11 – Technické specifikace</i> .....	45

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha I - Trubky K&S Engineering

Příloha II - STANDARD MINI AG - Rychlospojka s vnějším závitem G

Příloha III - EVGE - Metrické TN 126 A-M

Příloha IV - IW6 - HADICE NA VODU

Příloha V - Tlakové pryžové hadice - na vzduch, CO<sub>2</sub>, argon, dusík EN-559

Příloha VI - Pryž EPDM 4444

Příloha VII – Vsuvka, G 1/8", vnější závit, mosazné provedení

Příloha VIII - CD (výkresová dokumentace, 3D model, poster)

## **SEZNAM PŘÍLOH – VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE**

<b>Držák</b>	BP-BEI0008-04-V01
<b>Příruba – Vstup</b>	BP-BEI0008-04-V02
<b>Příruba – Výstup</b>	BP-BEI0008-04-V03
<b>Stavěcí tyč – malá</b>	BP-BEI0008-04-V04
<b>Stavěcí tyč – velká</b>	BP-BEI0008-04-V05
<b>Stavěcí tyč - Doraz</b>	BP-BEI0008-04-V06
<b>Těsnění</b>	BP-BEI0008-04-V07
<b>Mezikus – voda</b>	BP-BEI0008-04-V08
<b>Kryt</b>	BP-BEI0008-04-V09
<b>Trubkovnice</b>	BP-BEI0008-03-V10
<b>Trubkovnice - přepážka</b>	BP-BEI0008-04-V11
<b>Chladič pecní atmosféry</b>	BP-BEI0008-02-S01
<b>Uchycení přepážek</b>	BP-BEI0008-04-S02
<b>Sestava – Kryt</b>	BP-BEI0008-04-S03

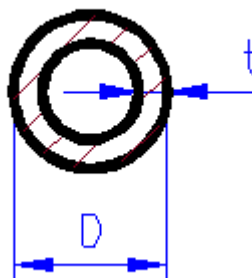
# PŘÍLOHY

## Příloha I

### Trubky K&S Engineering

Měděné trubky jsou dostupné ze dvou zdrojů - od firmy K&S Engineering a od Albion Alloys.

Délka jednoho kusu je 0.3 m nebo 0.9 m. Menší trubičky jsou balené po několika ks, větší jednotlivě. Uvedené ceny platí za celá balení. Trubky mají jednotnou tloušťku stěny 0.35 mm a lze je do sebe vzájemně teleskopicky zasouvat.



délka 0.3 m					délka 0.9 m			
číslo katalogu	průměr [mm]	balení	cena	dostupnost	číslo katalogu	průměr [mm]	cena	dostupnost
K&S 1176	ø1.6	3 ks	46 Kč	skladem	-	-	-	-
K&S 1186	ø2.4	3 ks	54 Kč	skladem	-	-	-	-
K&S 120	ø3.2	-	28 Kč	skladem	-	-	-	-
K&S 119	ø4	-	23 Kč	skladem	K&S 9509	ø4	78 Kč	skladem
-	-	-	-	-	K&S 9511	ø4.8	125 Kč	skladem
-	-	-	-	-	K&S 9513	ø5.6	144 Kč	skladem
-	-	-	-	-	K&S 9515	ø6.3	150 Kč	skladem

<http://www.litomysky.cz/mat/cuo.htm>

## Příloha II

### STANDARD MINI AG - Rychlospojka s vnějším závitem G



Pracovní teplota [°C]:	<b>-20°C až +100°C</b>
Použití produktu:	<b>Rychlospojky</b>
Médium:	<b>Stlačený vzduch</b>
Norma výrobku:	<b>ISO 228</b>
Materiál těsnění:	<b>Perbunan</b>
Materiál:	<b>mosaz</b>
Maximální průtok:	<b>560 L/min.</b>

Univerzální **rychlospojky MINI** (menší verze standard) jsou určeny pro stlačený vzduch, kapaliny, páry a plyny. Vyznačují se velkým průtokem při malých vnějších rozměrech a jednoduchou manipulací.

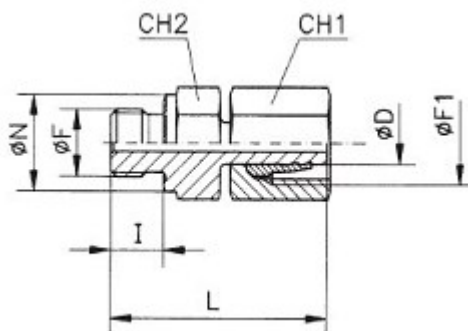
#### Dodací kódy

Objednací kód	Druhý objednáč kód	Šířka (mm)	DN [mm]	Hmotnost [kg]	Provozní tlak [bar]	Vnější závit (palce)	Balení / MJ	MJ	Cena bez DPH	Skl.
<b>ESM14A</b>	30069014	38	5	0,03	35	G1/4	10	ks	82,00 Kč	
<b>ESM18A</b>	30069018	37	5	0,03	35	G1/8	10	ks	77,00 Kč	
<b>ESM38A</b>	30069038	38	5	0,04	35	G3/8	10	ks	103,00 Kč	
<b>ESM121A</b>	30069121		5	0,04	35	M 12 x 1,5	10	ks	113,00 Kč	
<b>ESM141A</b>	30069141		5	0,04	35	M 12 x 1,5	10	ks	113,00 Kč	

<http://www.gms.cz/cz/vyrobek/30069-standard-mini-ag>

### Příloha III

#### EVGE - Metrické TN 126 A-M



Přímé hrdlo s těsněním na hranu. Typ B DIN 3852.

Závit do tělesa: Metrický válcový

Závit v otočné matici: Metrický; těsnící konus 24°

Povrchová úprava: pozink

**Pro zvýšení přehlednosti produktů je zboží seřazeno do interaktivní tabulky s popisem parametrů.**

**Kliknutím na libovolné záhlaví sloupce tabulky máte možnost zboží seřadit podle velikosti dle příslušného parametru.**

Kat. číslo	řada	PN - max. tlak/bar	rozměr L	F závit do tělesa	rozměr CH2	F1 závit	N /mm	CH1	D /mm	I /mm	Cena	Cena s DPH	Počet	MJ	
<a href="#">001020</a>	L	160	53	M33x2	41	M36x2	39	41	28	18	231,50 Kč	280 Kč	1	ks	Koupit
<a href="#">001039</a>	6	315	32,5	M10x1	14	M12x1,5	14	14	6	8	64 Kč	77 Kč	1	ks	Koupit
<a href="#">001040</a>	L	315	38,5	M12x1,5	17	M14x1,5	17	17	8	12	54 Kč	65 Kč	1	ks	Koupit
<a href="#">001041</a>	L	315	39,5	M14x1,5	19	M16x1,5	19	19	10	12	51,50 Kč	62 Kč	1	ks	Koupit
<a href="#">001042</a>	L	315	42,5	M16x1,5	22	M18x1,5	21	22	12	12	59 Kč	71 Kč	1	ks	Koupit
<a href="#">001043</a>	L	315	42,5	M16x1,5	22	M18x1,5	21	22	12	12	79,50 Kč	96 Kč	1	ks	Koupit
<a href="#">001044</a>	L	315	45,5	M22x1,5	27	M26x1,5	27	32	18	14	92,50 Kč	112 Kč	1	ks	Koupit

<http://www.hydraulickeprvky.cz/sroubeni/evge-pripojnahrdlasmatici/evge-metricketn126a-m//>

## Příloha IV

### IW6 - HADICE NA VODU



#### -doprava průmyslové vody

-duše: černá, hladká, SBR

-výztuž: syntetická příze

-obal: oranžový, červený nebo černý, pozitivní rýhování, SBR/NR

-pracovní teplota: -30 °C/+70 °C

Dříve dle PN 21/531-97 nebo ČSN 635331

Obj. kód	Průměr (mm)	Pracovní tlak (bar)	Poruchový tlak (bar)	Hmotnost (kg/mj)	Balení (info)	Jednotka (Mj.)	Cena (Kč)*	Skladem		Množství do košíku (Mj.)
								CZ	SK	
1154004	4/10	20	60	0,084	50/100	m	7,50			<input type="checkbox"/> 1
1154005	5/11	20	60	0,096	50/100	m	8,00	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> 1
1154006	6/11	20	60	0,085	50/100	m	8,60	<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/> 1
1154008	8/13	17	51	0,105	50/100	m	8,80	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1
1154010	10/14	15	45	0,096	50/100	m	9,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1
1154013	12,5/17	15	45	0,132	50	m	10,20	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 1
1154014	12,5/17	15	45	0,132	25	m	10,20			<input type="checkbox"/> 1

<http://www.gumex.cz/iw6-hadice-na-vodu-13738.html>

## Příloha V

### Tlakové pryžové hadice - na vzduch, CO<sub>2</sub>, argon, dusík EN-559



#### KONSTRUKCE:

- **vnitřní vrstva:** gumová, černá, EPDM/SBR
- **vnější vrstva:** gumová, černá, EPDM/SBR, hladká nebo rýhovaná
- **výztuž:** nítěný ovin
- **pracovní teplota:** od -25°C do +70°C

Vnitřní průměr (mm)	Pracovní tlak (MPa)	Poruchový tlak (MPa)
4	2.0	6.0
5	2.0	6.0
6.3	2.0	6.0
8	2.0	6.0
9.5	2.0	6.0
10	2.0	6.0
12.5	2.0	6.0
16	2.0	6.0

[http://www.hydapress.cz/hadice\\_ostatni/tlakove\\_pryzove\\_hadice\\_na\\_vzduch\\_co2\\_argon\\_dusik\\_en\\_559](http://www.hydapress.cz/hadice_ostatni/tlakove_pryzove_hadice_na_vzduch_co2_argon_dusik_en_559)

## Příloha VI

### Pryž EPDM 4444



Základní vlastnosti :

-pryž s vynikající odolností vůči teplotám, povětrnostním vlivům a UV záření,  
**kyselinám**

-značka: TOVO GOMMA

-elastomer: EPDM

-šíře role: 1500 mm

-odolnost vůči ozónu: velmi dobrá odolnost,

-odolnost vůči povětrnostním vlivům: velmi dobrá odolnost,

-odolnost vůči olejům: není odolná,

-odolnost vůči benzínu: není odolná,

-odolnost vůči kyselinám: odolná (nutno vždy specifikovat koncentraci media v % a teplotu),

-silné zásady: odolná (nutno vždy specifikovat koncentraci media v % a teplotu),

-odolnost vůči oděru: méně vhodná.

-barva: černá

Obj. kód	Síla (mm)	Tvrдость (°ShA)	Pevnost (N/mm)	Tažnost (%)	Teplotní rozsah (°C)	Hmotnost (kg/m2)	Šířka (mm)	Balení (m2-info)	Jednotka (Mj.)	Cena (Kč)*	Skladem CZ SK		Množství do košíku (Mj.)
2519010	1	60	12	450	-25/+120	1,1	1500	15	m2	266,00			<input type="checkbox"/> 1
2519015	1,5	60	12	450	-25/+120	1,7	1500	15	m2	358,00			<input type="checkbox"/> 1
2519020	2	60	12	450	-25/+120	2,2	1500	15	m2	405,00			<input type="checkbox"/> 1
2519025	2,5	60	12	450	-25/+120	2,8	1500	15	m2	505,00			<input type="checkbox"/> 1

<http://www.gumex.cz/pryz-epdm-4444-30388.html#>



Příloha VII

**Vsuvka, G 1/8", vnější závit, mosazné provedení**



Max. průtok ve vstupu (tlak 6 barů, úbytek tlaku 0.5 baru) 580 l/min.

Max. pracovní tlak 35 barů

Min. tlak roztržení 140 barů

Rozsah teplot -30°C až +100°C

Nominální průtokový průměr 5.0 mm

<http://www.fdtools.cz/vsuvka-g-18-vnejsi-zavit-mosazne-provedeni-p-196.html>